TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA

DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 153-Fevereiro-1945

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

SECIL

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

Granulados de mármores
para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CAVAN

Rua D. Estefânia, 42
Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:
PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS
REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
153
Fevereiro—1945

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
FAUSTO GONÇALVES HENRIQUES
ADMINISTRADOR
ANTÓNIO BUSTORFF
BIBLIOTECÁRIO
FERNANDO MANZANARES ABECASIS
RPO REDACTORIAL
J. M. Correia Vitorino
Duarte Bello
Fernando Blanqui Teixeira
Manuel Franco Falcão
João Barata Galvão
José Maria Seguro

NÚMERO AVULSO 6$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	16$00	30$00	58$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	40$00	70$00
Estrangeiro...	—	45$00	80$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Estado das obras do Pôrto de Luanda em Dezembro de 1944.

		Págs.
Sempre o problema da água . .	Eng.º Civil António Trigo de Morais	203
O tratamento térmico como factor elementar de qualidade	Eng.º Quím.-Ind. A. M. da Paixão	213
Eficácia da preparação mecânica de minérios	Eng.º de Minas Carlos Gonçalves	233
Cálculo operacional de Heaviside aplicado à teoria geral dos circuitos eléctricos	Eng.º Elect. M. M. Fernandes Viana	244
Um conceito de probabilidade	Eng.º Civ. José Pinto Machado	260
Comentário	Eng.º Civil Horácio de Moura	264
Corrigenda ao artigo «Fiscalização das Obras Públicas» . . .	Eng.º Civil Horácio de Moura	269
Do Mundo Técnico	. . . . .	273
Notas bibliográficas	. . . . .	274
Bibliografia	. . . . .	275
Publicações recebidas	. . . . .	276

D. MOURA — ENGENHEIRO

REPARADORA ELECTRO-MECÂNICA

Uma organização para trabalhos de electricidade

ALTA TENSÃO — BAIXA TENSÃO

Oficinas de construções eléctricas:
Transformações de características e reparações em:
GERADORES — MOTORES — TRANSFORMADORES
e em tôda a aparelhagem eléctrica para usos industriais e agrícolas.
SERVIÇO DE ASSISTÊNCIA URGENTE À INDÚSTRIA

Instalações industriais de Fôrça Motriz e Luz
Postos de transformação

Com o nosso empréstimo de máquinas temos evitado a paralização de muitas fábricas

RUA DA TRINDADE, 18-A — LISBOA
Telefone 21406
Telegramas — REPARADORA

Moderno Pavimento Celular, Isolador

Além de só necessitar cêrca de metade do ferro, elimina totalmente a cofragem hoje tão cara e difícil de obter, emprega menos cimento e permite uma construção muito mais rápida

Não necessita mão d'obra especializada; qualquer trabalhador o executa com rapidez.

Nenhuma cofragem — Mais rapidez — Menos ferro
Menos cimento — Menos dinheiro!

E ainda maior conforto ao morador.

Entrega imediata:

VENDEDORES EXCLUSIVOS

FASSIO, LIMITADA — 20, Rua Jardim do Regedor, 32 — LISBOA

TELEFONES 20004-5

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

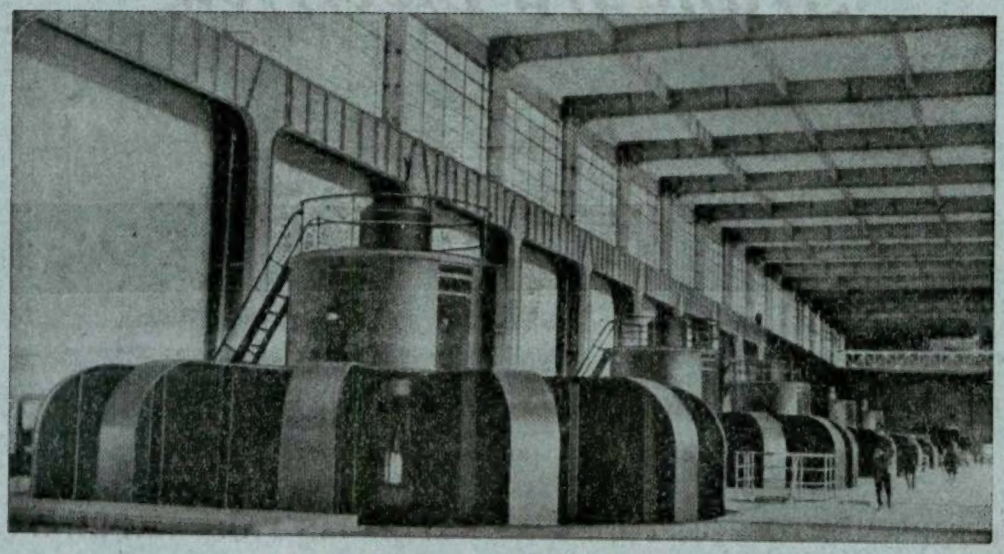
INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORP.

- EQUIPAMENTOS PARA TODOS OS GÉNEROS DE COMUNICAÇOES ELÉCTRICAS por rádio e por circuitos metálicos.
- EQUIPAMENTOS DE TODAS AS POTÊNCIAS PARA RADIODIFUSAO E TELEVISAO.
- GRANDES E PEQUENAS CENTRAIS TELEFÓNICAS, manuais e automáticas.
- TODO O GÉNERO DE APARELHAGEM MANUAL E AUTOMÁTICA para instalações telefónicas e telegráficas.
- FORNOS ELÉCTRICOS desde pequenas potências, com aquecimento por correntes de radiofreqüência.
- SISTEMAS PATENTEADOS, DE ANTENAS de alta eficiência.
- CABOS DE TODOS OS TIPOS para comunicações em tôdas as freqüências e para transporte de energia.

Telefone 2 3111/2/3 **Rua Augusta, 27** **LISBOA**

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Central hidroeléctrica com 5 geradores General Electric de 77.500 kVA, 88 r. p. m. cada uma

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Condutores eléctricos. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas. Emissores e receptores para T. S. F. Aparelhagem de Electro-Medicina. Instalações de Som.

THOMSON
GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA
Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

MÁRMORES

aos melhores preços
Em tôdas as aplicações

IIII

A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

IIII

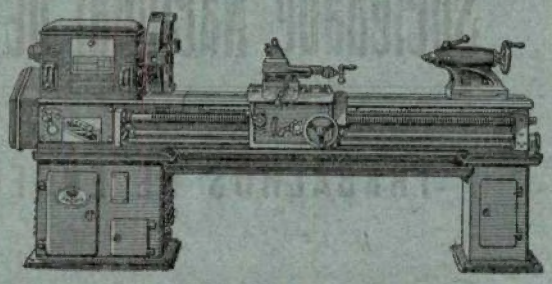
Pedidos à

Sociedade de Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

LISBOA

TORNOS DE QUALIDADE



Fabricados segundo tolerâncias «Schlesinger», NA ORDEM DO 1/100 mm e empregando aços especiais, também de Cr-Ni, os nossos tornos são PELO MENOS TÃO BONS COMO OS MELHORES ESTRANGEIROS

Máquinas de Precisão, Ltd.a

(Director: Eng. J. d'Arriaga de Tavares)

45, Rua da Boa Vista, 49-1.º

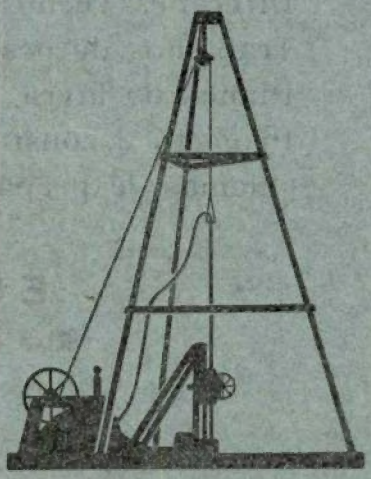
TELEF. 6 1581 LISBOA

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «cement gun»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no país e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º—LISBOA Tel. 2 8685

Sociedade Nacional de Estudos e Projectos, Ltd.ª

TRABALHOS DE ENGENHARIA CIVIL E DE MINAS

Construções civis e de cimento armado

Inscrita nas principais Câmaras Municipais do País.
Projecto e construção de qualquer tipo de edifício.
Orçamentos grátis.

Construções industriais

Construção de fábricas e outros edifícios industriais.
Estruturas em cimento armado ferro e madeira.

Captações de águas

Estudos hidrogeológicos.
Abastecimento de água potável a povoações.
Captações de águas para fins industriais.

Indústria Mineira

Direcções Técnicas.
Trabalhos de pesquiza e de prospecção.
Planos de lavra.
Projecto e construções de cavaletes de extracção.
Oficinas de preparação de minérios.

ESCRITÓRIO

Rua da Madalena, 80 - 5.º Dir.

LISBOA

TÉCNICA

FAUSTO GONÇALVES HENRIQUES
DIRECTOR

ANO XX - N.º 153 FEVEREIRO 1945

SEMPRE O PROBLEMA DA ÁGUA[1]

(Colocação de excedentes de vidas nas zonas de regadio do continente e do Império Colonial)

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) ANTÓNIO TRIGO DE MORAIS
(PRESIDENTE DA J. A. O. H. A.)

Ordem base

Foi um ano depois do I Congresso da União Nacional, realizado em Maio de 1934, que, decretada pela Assembleia Nacional, se promulgou a Lei n.º 1914, da Reconstituïção Económica, com o fim de serem estabelecidos os planos e projectos fundamentais de obras a executar até 1950, no valor de 6,5 milhões de contos.

O povoamento interior ali aparece em ligação estreita com a hidráulica agrícola.

Depois, em 1936, Salazar proclama a orientação já dada:

«A rega é considerada magno problema de interêsse simultâneamente económico, social e militar, que, como nenhum outro, contribuirá para a valorização do património nacional, para a criação de riqueza pública, para absorção do nosso excesso demográfico e para o desenvolvimento do comércio interno e externo».

Logo em 1937, se decreta e promulga a Lei n.º 1949 e se publica o decreto-lei n.º 28:290, ambos a definirem o regime jurídico que regula o modo de execução, de exploração e conservação das obras hidroagrícolas e hidroeléctrica conseqüentes, bem como os direitos emergentes. E, ainda no mesmo ano, Salazar faz organizar o Plano de Estudos e Obras de Hidráulica Agrícola e de produção de energia conseqüente da rega, que a Câmara Corporativa aprova em Abril do ano seguinte. Por êste plano:

— 106 mil hectares se previu que fôssem beneficiados; 309 mil milhões kWh se avaliou que fôssem produzidos em centrais da obra hidroagrícola de fins múltiplos;

— 1.118.381 contos se apresentou para valor da despesa estimada.

Posição do plano da hidráulica agrícola em 1944

Qual é a posição do plano em 1944?

A do quadro II referido ao dia 29 do mês de Fevereiro dêste ano de efectivação do II Congresso da União Nacional.

E que diz êste quadro?

Diz que, sob o ponto de vista de estudos e projectos, o Govêrno deve ter no fim de 1945 organizados os projectos de beneficiação de 113.791 hectares dos 400 mil a

(1) Excerpto de um estudo apresentado ao II Congresso da União Nacional

que pòssìvelmente poderá ser levado o regadio do País; que, em conseqüência da obra de rega, se produzirão 527 milhões de kWh de energia hidroeléctrica por ano; que o custo da obra de fomento hidroagrícola e hidroeléctrico conseqüente custará, pelo menos, um milhão oitocentos oitenta e sete mil novecentos e trinta e seis contos, dos quais já estão despendidos cento e sessenta e três mil e quinhentos e sessenta e oito contos [1]; e que, em síntese, a obra já realizada e a que está em seguimento tem as representações que seguem em % sôbre o conjunto:

Designação	Área	Custo
	Hectares	Contos
Conjunto (hectares e milhares de contos)	113 721	1.888
	%	%
Obras concluídas	2,04	1,46
Obras em curso	9,55	13,05
Obras autorizadas em 1944 . . .	4,30	5,22
Obras de projectos estudados . .	67,63	64,41
Obras em estudo	16,48	15,86

Andamento dos estudos e obras. Necessidade de acelerar a construção.

Talvez não seja pouco o que se pôde fazer em estudos e projectos; mas não é muito o que se consegui realizar na construção autorizada até Dezembro de 1943. Na verdade, dos 13.180 hectares cuja beneficiação foi autorizada até à data indicada, sòmente 17,6 % entraram em exploração de regadio.

— ¿Porquê tão pouco quando o País necessita de tanto e a própria guerra mandava acelerar em vez de afrouxar, já pelo abastecimento do País, já pelo grave problema da falta de mão de obra que trará a Paz pela reparação do mal que as bombas deixarão feito?

— ¿Porquê tão pouco quando se sabia que o País necessitava grandemente, para a sua população mal alimentada, de enorme quantidade de alimentos protectores que só a rega e a produção de energia lhe podem dar, como lacticínios, carne, legumes, ovos, frutas, etc., que tem de lhe fornecer a agricultura por expansão conveniente e rápida?

— ¿Porquê tão pouco, ainda, se acreditamos, firmemente, que a rega e a electricidade robustecerão a tradição do amor à terra «herança entregue de mão em mão, de geração em geração, facho aceso que o corredor empunha e em cada etapa entrega ao seguinte sem abrandamento nem pausa na corrida», definida pelo Chefe da Igreja Católica; se acreditamos também que a rega e a electricidade conseguirão o progresso da indústria nacional e a satisfação própria da «exigência essencial da personalidade que ordena que os bens por Deus criados para todos os homens, equitativamente a todos cheguem segundo os princípios da justiça e da caridade»?

A experiência de construtores de obras hidráulicas responde:

... se a história dissésse, a propósito dos grandes melhoramentos públicos, que foram levados de princípio ao fim sem quaisquer dificuldades de carácter sério, nós teríamos o passo como pouco verdadeiro por contrário à experiência geral; sabemos que os obstáculos colocados nos caminhos de tais obras, são enormes reacções de determinados aspectos do complexo humano e tão normais como naturais.

Os 4 anos de guerra em cheio por que já passaram as obras do Vale do Sado e da Idanha, de contratos de empreitada com base nos preços de 1936, deram à construção atrasos muito grandes. O seu efeito nocivo, no ecenómico e no social, foi de facto tão acentuado que a actualização de preços fins de 1943 e a aceleração que em 1944 se procura imprimir à construção só poderão ter acção de não agravar o mal.

E nós lembramos, neste instante, a caminhada feita e as palavras da verdade que a matéria nos tornou familiares. Diz o Evan-

[1] Elucida-se que a quantia total despendida com a Hidráulica Agrícola somava 204.512.415$30, em 31 de Dezembro de 1943. Os 163.568 contos do Quadro II dizem sòmente respeito aos 17 projectos que nêle se designam.

A discriminação do total despendido regista-se no Quadro III.

QUADRO II

Posição do Plano de hidráulica agrícola e de aproveitamentos hidroeléctricos conseqüentes em 1944

Posição em 29.II.44	Beneficiação	Área beneficiada Ha.	Energia hidro-eléctrica produtível kWh (milhões)	Custo incluindo a produção de energia		Quantia		Província a que pertence a beneficiação	Densidade populacional da Província a que pertence a beneficiação (1940)
				Total (contos)	Por hectare	Gasta (contos)	A despender (contos)		
Obras concluídas	Paúl de Magos	535	—	9.465	17.707$69	9.465	—	Ribatejo	58,6
	Paúl da Cela	455	—	4.648	10.219$69	4.648	—	Estremadura	127,0
	Campos de Loures	737	—	6.630	9.002$04	6.630	—	Estremadura	127,0
	Campos de Burgães	168	—	4.030	23.927$70	4.030	—	Beira Litoral	117,9
	Campos de Alvega	422	—	2.860	6.782$64	2 860	—	Ribatejo	58,6
	Total	2.317	—	27.633	11.926$20	27.633	—	—	—
Obras em curso	Vale do Sado, 1.ª e 2.ª Partes	9.613	7,30	194.020	20 183$07	77.510	116.550	Baixo Alentejo	25,8
	Campina da Idanha, 1.ª Parte	1.250	4,26	52.347	41.877$60	29.897	22 450	Beira Baixa	44,5
	Total	10.863	11,56	216.367	22.679$46	107.407	138.960	—	—
Obras autorizadas em 1944	Veiga de Chaves	1.070	—	13.300	12.429$91	1.420	11.880	Trás-os-Montes e Alto Douro	49,9
	Campinas de Silves, Portimão e Lagoa	1.900	1,70	43.000	22.631$58	1.737	41.263	Algarve	62,3
	Vale de Campilhas	1.935	0,54	42.330	21.875$97	1.162	41 168	Baixo Alentejo	25,8
	Total	4.905	2,24	98.630	20.108$05	4 319	94 311	—	—
Obras de projecto concluído	Campos do Mondego e de Cantanhede ao Vouga	50.000	287,00	705.000	14.120$00	9.498	696 512	Beira Litoral	117,9
	Vale da Vilaraça	1.745	184,00	183.000	104.913$15	2.710	180.290	Trás-os-Montes e Alto Douro	49,9
	Campina da Idanha, 2.ª Parte	6.750	—	46.642	6.909$93	465	46.177	Beira Baixa	44,5
	Vale do Sorraia e Leziria de Vila Franca	18.462	22,00	280.412	15.188$60	8 850	271.562	Ribatejo	58,6
	Total	76.956	493,00	1.216.054	15.808$93	21.523	1 194.531	—	—
Obras de projecto em estudo (custo estimado)	Campina de Faro	750	—	11.250	15.000$00	1 527	9.723	Algarve	62,3
	Campina de Tavira e Vila Real de Santo António	18.000	20	288.000	16.000$00	1 159	286 841	Algarxe	62,3
	Total	18.750	20	299.250	15.960$00	2.686	296 564	—	—
CONJUNTO		113.791	526,80	1.887.936	16.591$21	163.568	1 724.366	—	—

QUADRO III

Despendido até 31/XII/1943 com a Hidráulica Agrícola

Anos	Despesa ordinária			Despesa extraordinária				Total da despesa ordinária e extraordinária			Total geral
	Estudos e projectos	Execução de obras	Total	Estudos e projectos	Execução de obras	Exploração e conservação	Total	Estudos e projectos	Execução de obras	Exploração e conservação	
Antes de 1943	1.515.131$05	896.371$10	2.411.502$24	11.965.999$37	7.079.240$54	—	19.045.239$91	13.481.130$00	7.975.611$73	—	21.456.742$15
Em 1935 . . .	346.029$60	863.921$04	709.950$64	5.102.178$17	5.365.985$80	—	10.468.163$97	5.448.207$77	5.729.906$84	—	11.178.114$61
Em 1936 . . .	352.002$79	313.004$72	565.007$51	5.001.966$20	6.212.784$53	—	11.214.750$73	5.253.968$99	6.525.789$15	—	11.779.758$28
Em 1937 . . .	234.144$74	364.613$58	598.758$32	5.280.999$00	8.223.649$19	—	13.504.648$79	5.515.144$34	8.588.262$77	—	14.103.407$11
Em 1938 . . .	123.467$77	536.412$48	659.880$25	3.700.416$87	15.660.468$25	416.195$64	19.777.080$76	3.823.884$64	16.196.880$73	416.195$64	20.436.961$01
Em 1939 . . .	105.060$01	579.149$32	684.209$33	3.260.116$08	17.971.577$15	748.379$23	21.980.072$46	3.365.176$09	18.550.726$47	748.379$23	22.664.281$79
Em 1940 . . .	65.066$23	549.231$83	614.298$06	2.061.752$36	17.403.496$88	1.873.759$23	21.339.008$61	2.126.818$59	17.952.728$72	1.873.759$37	21.953.306$67
Em 1941 . .	275.209$07	360.432$46	635.641$53	1.979.035$89	32.616.732$97	1.166.173$62	35.761.942$48	2.254.244$96	32.977.165$43	1.166.173$62	36.397.584$01
Em 1942 . . .	260.615$75	377.690$19	638.305$94	1.963.201$68	16.238.674$41	729.182$63	18.931.058$72	2.223.317$43	16.616.364$60	729.182$63	19.569.364$66
Em 1943 . . .	230 415$36	433.843$64	664.259$00	1.950.164$09	21.460.694$44	897.808$52	24.303.666$05	2.180.579$45	21.894.538$08	897.807$52	24.972.925$05
Soma . . .	3.407.142$77	4.774.670$45	8.181.812$82	42.265.830$31	148.233.304$16	5.831.498$01	196.330.632$48	45.672.972$68	153.007.974$61	5.831.496$01	204.512.445$30

gelho de S. Lucas: Se um de nós tem um amigo e vai ter com êle no meio da noite, dizendo-lhe: Amigo, empresta-me três pães, porque chegou a minha casa um amigo, de viagem, e não tenho que lhe dar, e se o amigo lhe responde de lá de dentro: «Não me importunes: está fechada a porta, meus filhos e eu estamos na cama; não posso levantar-me e dar-te nada»; continuando contudo o primeiro a bater, digo-vos que o outro, se não lhe dá por amizade, levantar--se-á entretanto por causa da importunidade dêle, e lhe dará os pães que lhe são necessários...

Traduzir, pois, em obras o pensamento da Lei n.º 1914, é necessidade instante. Exige-o o imenso domínio patrimonial do Estado nas colónias com a extensão de mais de dois milhões de quilómetros quadrados, com raízes fundas em três continentes, de predomínio africano.

Na verdade, com a efectivação ordenada e acelerada das obras da lei da Reconstituïção Económica, a população da Metrópole, de crescimento activo, encontrará na valorização da terra os alimentos que a tornem apta à sua missão imperial. Possibilidades de alimentação básica suficiente para todos, como as carnes, que o decénio de 1932-1941 parece apresentar com a escassa capitação de 15 kg. para o Continente, subirão então para números que acompanhem os de Lisboa com 28 kg., e os do Pôrto com 24 kg., onde, já com as carnes, outros alimentos de origem animal, como o pescado, dão, no geral, a suficiência em alimentos protectores. Há uma grande jornada a continuar pela construção das obras públicas reprodutivas de fomentação da riqueza agrícola, de modo a que ao maior número chegue o necessário, limitado ainda a poucos. A possibilidade económica da alimentação pela carne de animais de talho está nos seus objectivos. Cingindo-nos a tomar só para referência a Espanha das obras de rega, que, já em 1925, apresentava uma densidade pecuária (cabeças por habitante) igual 1,55 enquanto Portugal, no presente, parece não acusar mais de 1,00, a capitação de de consumo de 35 kg. (1) do país vizinho, encontrará na obra da Revolução número que lhe corresponda, sem deixar de se ajustar também a uma estável possibilidade comercial.

"A nossa pecuária — afirmou-se no recente Congresso das Ciências Agrárias (1) — mal supre as necessidades nacionais, não obstante as baixas capitações, qualquer que seja a utilidade zoológica considerada, o que patenteia um desnível entre a produção e o consumo. E êsse desiquilíbrio acentuar--se-á tanto mais quanto menos se curar daquela e mais perturbado fôr êste, pelos lamentáveis e irreprimíveis desvios do mercado interno e pela melhoria das condições de vida."

"Entre os múltiplos problemas que assoberbam a nossa conturbada economia tem certo vulto o da pecuária, cujo fomento é imperioso enfrentar sem hesitações segundo o plano maduramente ponderado e ordenado, de execução seqüente, embora demorada, porque o potencial agrícola do País torna possível prevêr um notável aumento de armentio, que pode ir até à duplicação."

"As medidas a preconizar teem de visar o aumento dos efectivos e o rendimento das espécies domésticas, quer auxiliares, quer comestíveis, se bem que hoje já não haja entre elas uma tão apertada barreira limitativa, em vista do crescente consumo hipofágico."

. . . . . .

. . . . . .

"As obras de hidráulica agrícola, facultando o regadio de muitos milhares de hectares de terrenos, mais ou menos férteis, permitirão uma cultura intensiva das ferraginosas e de prados e a conseqüente colonização e povoamento pecuário das respectivas zonas, nalgumas única forma recuperável do seu custo, com notável reflexo na produção de carnes, leites e lã e suas tecnologias."

Prazo para conclusão das obras

Continuemos. É igual a 12 anos o período que julgamos indispensável para concluir a

(1) Boletim Pecuário n.º 3, 1943.

(1) Introdução ao 5.º Syposium — Fomento Pecuário — Médico Veterinário, Dr. Figueirôa Rêgo.

obra que falta fazer de beneficiação dos 113.791 hectares e da produção do meio milhão de kWh indicado de energia hidroeléctrica. Isto é, em fins de 1954 tal obra pode estar concluída. E, até lá, talvez se possa contar, como dissémos, com 1.100.000 habitantes acrescidos à população de Portugal de 1940. Assim, a população da Metrópole pode estar perto de 9 milhões de pessoas em 1945.

Ora a exploração de regadio, em terras que mereçam a rega, feita pelo Estado sob o princípio justo e fundamental do reembôlso que a Lei n.º 1:949 fixou, assegura a capacidade de absorpção de famílias em número pelo menos 5 vezes maior que o da exploração das mesmas terras em regime de sequeiro. Em terra de regadio de boa aptidão cultural, normalmente feito e explorado, a área que pode sustendar uma família vai a uma oitava parte da que a mesma carece de sequeiro. O gado necessário à estrumação e ao cultivo, na base de 500 kg. de pêso vivo por hectare, é sustentado na quinta parte da área regada. Pelo que há que ter em conta que a área de 113.791 hectares beneficiada por efeito das obras em curso, e que poderão estar concluídas em 1954, como se disse, é equivalente a 910.328 hectares de sequeiro. E os 113 791 hectares a regar, se continuassem a ser explorados de sequeiro, só sustentariam (na base escassa de 12 hectares por família) 9.483 famílias ou seja uma população de 17.415 pessoas. Porém regados, podem sustentar, sem miséria, 75.861 famílias na base de 1,5 hectares por família, ou sejam 379.305 pessoas. Esclarece-se que a base de 1,5 hectares por família indicada, é um valor médio, o qual está subordinado à produção da energia hidroeléctrica das obras de rega, seu respectivo rendimento e distribuïção dêste (artigo 47.º e seu § único, Decreto n.º 28:652).

O problema da rega ligou-o a Lei n.º 1:914 ao povoamento interior. Êste encontrará na obra a fazer até 1954, a possibilidade de substancial colocação de pessoas do acréscimo que haverá na mesma data sôbre a população continental de 1940. É que ao casal de família, unidade económica base do regadio, estabelecido por forma a serem os seus próprios membros a realizar o trabalho manual de exploração (em terras que os fixam porque lhes asseguram permanentemente o sustento), corresponde sempre um aumento de valor da produção e um aumento ainda maior do rendimento líquido por unidade cultivada, superiores aos de qualquer outro regime de utilização da terra. Há, assim, que contar também, e invariàvelmente, na instalação de casais de família no regadio, com uma intensificação notável de aplicação de mão de obra e de carinho e interêsse pela emprêsa, com acrescentamento de lucro, que outra forma de exploração não teria por não comportar a despesa de mão de obra que êle comporta. Esta vantagem do casal de família é mesmo o fundamento principal da sua superioridade sôbre qualquer outra modalidade da exploração agrícola do solo, o que temos sublinhado nos trabalhos da J. A. O. H. A.

A produção de energia hidroeléctrica nas obras de rega e os planos industriais

Mas a resolução do problema da rega leva consigo a da produção de substancial energia eléctrica barata, sendo o regadio e a electricidade, irmãs gémeas, as finalidades primárias das obras hidráulicas de múltiplos objectivos, que têem o privilégio de tornar, por tôda a parte, viáveis projectos hidroagrícolas que não o seriam sem a electricidade, e exeqüíveis projectos de produção de energia em que jámais se poderia pensar sem o auxílio económico da rega. Cada parcela de 7.000 metros cúbicos de água que rega um hectare e passe por turbina, pode gerar de 14 kWh por cada metro de queda, o que todos sabem, mas não faz mal repetir. As indústrias do ferro e do azote, principalmente, aguardam a solução. E quando esta vier — e vem porque foi prometido que a Revolução continuaria em realizações de fomento e em obras sociais — então teremos acrescido o número dos que trabalham, e, certamente, em exploração os ricos jazigos de ferro de Guadramil e da Várzea, a que o aproveitamento de fins múltiplos do Sàbor, já estudado, dará, simultâneamente com a exploração dos jazigos do Reborêdo e do

Marão, aquela energia de que carecem para eficazmente colonizarem e levarem mais pão a Trás-os-Montes, terra de gente pobre mas firme. Será essa energia que, singelamente e sem planos complexos moedores de vontades e de tempo, ligada à das centrais também do norte, Cávado e Rabagão, seguirá necessàriamente ao Pôrto, daqui ao Zézere passando por Coimbra para receber a energia das centrais de aproveitamento de fins múltiplos do Mondego já estudadas, criadoras do adubo de que necessita a lavoura, e dali a Lisboa nessa ambicionada linha de 150 mil volts, cadeia mestra donde irradie a de 60 mil volts, com as quais se fará eficaz colocação de boa parcela do excedente demográfico, numa industrialização ordenada do País, que porfia em demonstrar que não é «fundamentalmente agrícola», embora se continue a insistir na afirmativa.

Isto, claro, refere-se sòmente àquele mínimo de que necessitam de início (e para um bom período, vamos lá com Deus...) os planos industriais viáveis, como os do Estado Novo, nomeadamente o da siderurgia nacional, traçados com vista ampla e prática. Ampla para que, em qualquer altura, permitam natural e normal acrescento; prática, para que o óptimo não inutilize o bom. Assim se escreve porque mais uma vez temos a tentação de lembrar que ainda «é enorme o número dos que peroram, pequeno o dos que projectam para construir e mais pequeno ainda o dos que constróem».

E depois, quando houver projectos completamente estudados, que substituam as hipóteses de hoje por conclusões fundamentadas, quando os estudos profundos e necessários a tôda a obra hidráulica (de hidrologia, de geologia, de delineamnto de obras, de possibilidades técnica e económica de execução) tiverem mostrado outras fontes de energia, pressurosamente para elas se acorrerá, pois que a electricidade económica nunca será demais no nosso País, que deverá ser industrial, porque tem matérias primas para isso na Metrópole e no Império Colonial e população cujo «povinho — como diz o Sr. Aquilino Ribeiro no «Volfrâmio» — cresce à desmedida, de tal jeito que quando se quere fazer uma novena aparece miüdagem para uma procissão». Então e sempre, tôda a electricidade será pouca para ocorrer às necessidades das suas grandes aplicações: iluminação, fôrça motriz e aquecimento, sem o risco de que o consumo não acompanhe a produção, porque a pobreza do País em energia é extrema e a técnica da produção e do transporte da electricidade elevaram extraordinàriamente a aplicação da energia a tirar da água, deixando aos carvões e aos combustíveis líquidos a acção de reservas e apoio indispensável.

Diz-se a tirar da água, porque não fechamos os olhos à evidência. E esta mostra-se no país do carvão a Grã-Bretanha, assim expressa: «Note-se desde já que a electricidade é gerada nas actuais centrais (as da Ilha) mais barata do que a obtida nas mais económicas centrais térmicas» ([1]).

As obras e as saldos de povoamento e colonização

Por acentuada que seja a industrialização do País nos próximos 12 anos (até fins de 1954) — período de que se carece para levar a cabo a obra de fomento hidroagrícola e hidroeléctrica conseqüente — não cremos que a sua influência sôbre as possibilidades de colocação dos excedentes demográficos se pareça, sequer de longe, com os resultados económicos e de conforto para as populações que dela há a esperar. Na verdade, para uma acção industrial que não elevasse mesmo para cima de 2,5 o coeficiente de electrificação, isto é, que fôsse igual a 2,5 kWh a potência média utilizada por operário, (coeficiente que nas indústrias téxtil e manufactureira anda pela casa dos 2/3 e nas química e metalúrgica sob a 3 e a mais de 3, exprimindo, como todos sabem, a relação entre a energia consumida em kWh e o número de horas-operário de trabalho) — por cada 1/2 milhão de kWh anuais destinados a tal fim, a que correspondem uns 200.000.000 horas-operário, o número de trabalhadores operários necessários à aplicação da energia referida seria da ordem dos 80 a 85 mil. E, assim, não contaremos

([1]) Water and Water Engineering, Jan. 1944.

que do milhão de almas, que possìvelmente poderá ter o acréscimo de vidas do continente em 1954, sôbre a população de 1940, sejam absorvidas mais de 85.000 pessoas pela industrialização. Pelo que, e somando, do aumento indicado, julga-se que possam ser tomadas pelas obras públicas de interêsse reprodutivo, que estão em seguimento, cêrca de meio milhão de pessoas, ou seja metade do total disponível.

Custo da obra hidroagrícola e hidroeléctrica conseqüente do Continente. Períodos a considerar na obra de fomento hidroagrícola

¿E quanto gastará o Estado para a realização desta obra de povoamento interior, que será necessàriamente dispendiosa?

Vejamos.

Nos termos da Lei n.º 1949 e dos seus decretos regulamentares n.ºs 28:652 e 28:653, de 16 de Maio de 1938, o Estado chamou a si a realização no continente das obras de fomento hidroagrícola e das subsidiárias de regularização de leitos e margens dos cursos de água e de aproveitamentos hidroeléctricos resultantes das obras de fomento hidroagrícola, e deu primado à parte social (Base I, Lei n.º 1949), sem de modo algum desprezar a económica na sua base de apoio.

O Estado, para as obras da natureza indicada, que êle determine, abona todo o dinheiro necessário e fornece o pessoal indispensável para o seu estudo e execução. Além disto, porque o período que se segue à realização das obras até que as terras beneficiadas possam cumprir a sua missão económica e social (período que denominamos da conversão do sequeiro ao regadio e da transformação cultural e agrária [1]) é, no geral, longo, o Estado, pelo Decreto-lei n.º 28:290, de 21 de Dezembro de 1937, não só orienta e fiscaliza a conservação das obras e a exploração das terras beneficiadas, como ainda abona, se necessário, os fundos para tal fim.

Nas obras concluídas (Quadro II), que beneficiam 2.317 ha., o Estado abonou para estudos, projectos e construção, 27.633 contos, e abonou mais para a sua conservação e exploração, 5.831 contos (Quadro III), desde 1938 até 1943.

Nas obras que estão em seguimento, naquelas que têem já projectos concluídos e nas que os terão dentro do ano de 1945 (Quadro II), haverá que despender com estudos, projectos e construção 1.724.366 contos e possìvelmente mais 50 mil contos com a conservação e exploração até o fim do 3.º período da obra de beneficiação hidroagrícola (o da conversão do sequeiro ao regadio e da transformação cultural e agrária), no extremo do qual deverão ser as obras entregues às Associações de Regantes e Beneficiários, a organizar como preceitua o artigo 11.º do Decreto n.º 28:652. As Associações têm utilidade e objectivo que foram postos em justo relêvo pelo ilustre Ministro da Economia [1], nas palavras que seguem: «fontes de vida, de ensinamento e disciplina das novas explorações agrícolas, assistidas por técnicos e dotadas dos meios indispensáveis à cultura intensiva das terras de regadio».

Dentro de uma unidade consentânea com o critério que informou a Lei n.º 1049 e os seus decretos regulamentares n.ºs 28:652 e 28:653, a orientação e assistência técnicas para a exploração das terras beneficiadas, cabe ao Ministério da Economia, a efectivar de modo a colher da obra o maior rendimento com o menor custo de produção (artigo 52.º do Decreto n.º 28:652)

Quando tôda a área de 113.791 hectares fôr declarada em regime de regadio (ou pela Junta Autonoma das Obras de Hidráulica Agrícola, nos cadastros respectivos e para as terras de 1.ª e 2.ª classes, ou pelo Minisnistério da Economia, para as terras de 3.ª classe, artigo 39.º do Decreto n.º 28:652) e haja em produção 527 milhões kWh de energia hidroeléctrica resultante da rega, o Estado terá obonado de certeza 1.887.934 contos e, possìvelmente mais 56 mil para despesas de exploração e conservação iniciais, tudo reembolsável. A soma dêstes abonos representa o encargo médio de 17.083$37 por hectare beneficiado.

---

[1] Revista da Ordem dos Engenheiros, n.º 5, 1943, pág. 278.

[1] Dr. Rafael Duque.

QUADRO IV

	Área beneficiada	CADASTRO						1938-39				1939-40				1940-41				1941-42				1942-43				Observações
		Antes da obra			Previsto																							
		Produção			Produção				Produção				Produção				Produção				Produção				Produção			
	Hectares	Quantidade kg.	Valor	Índice	Quantidade kg.	Valor	Índice	Área cultivada Hectares	Quantidade kg.	Valor	Índice	Área cultivada Hectares	Quantidade kg.	Valor	Índice	Área cultivada Hectares	Quantidade kg.	Valor	Índice	Área cultivada Hectares	Quantidade kg.	Valor	Índice	Área cultivada Hectares	Quantidade kg.	Valor	Índice	
Paúl de Magos . . .	534,5	2.037	2.546$83	100	3.880	4.849$75	190	531,3	3.587	4.484$35	176	531,3	3.860	4.840$95	189	531,3	3.302	4.151$78	162	531,3	3.275	4.972$37	161	523,6	3.222	6.253$92	158	Produção expressa em arroz
Paúl da Ceia	454,8	262	366$47	100	2.371	3.319$21	905	—	—	—	—	267	902	2.067$00	344	381	1.502	2.329$89	573	424,5	1.410	3.427$52	538	438	1.652	5.484$67	631	Produção expressa em trigo
Campos de Loures .	736,5	152	196$83	100	1.520	1.976$92	1000	—	—	—	—	704,7	1.326	1.723$50	872	722,2	1.998	2.743$50	1314	725,4	2.283	4.714$15	1502	725,4	1.532	4.048$15	1008	Produção expressa em trigo
Campos de Burgães	168,4	2.198	2.418$00	100	10.512	11.562$68	478	—	—	—	—	73,7	6.493	7.142$50	295	73,9	5.903	7.743$35	269	107,0	5.204	7.164$75	237	107,3	5.671	9.717$77	258	Produção expressa em trigo
Campos de Alvega .	421,7	2.443	1.656$47	100	6.878	4.663$77	282	355	2.720	1.927$12	111	355	5.100	3.448$11	209	355	4.109	3.447$90	171	—	—	—	—	—	—	—	—	Produção expressa em milho

Nota — Os números índices dizem respeito à quantidade. A obra de Alvega foi explorada pela sua Associação a partir de 1941-42.

Reembôlso ao Estado. Mais valia. As obras hidroagrícolas são dispendiosas.

Como é o Estado reembolsável dêstes abonos?

Nos termos fixados pela Assemblea Nacional e nos do Decreto-lei n.os 28:290, acima referido, o reembôlso faz-se totalmente só quando haja mais valia para isso, criada por efeito das obras, em 50 anuïdades, calculadas à razão de juro de 4 %, 3 % e 2 % conforme as terras são de 1.ª, de 2.ª ou 3.ª classe. As anuïdades têem o nome de taxas de rega e beneficiação. A mais valia é dada pela diferença dos rendimentos de propriedade de depois e dantes da beneficiação, incluindo nos de depois a receita da energia hidroeléctrica, que é dos beneficiários (artigo 47.º, Decreto n.º 28:652)

Se, porém, a mais valia é insuficiente para pagamento completo da taxa de rega e beneficiação, esta é reduzida (entendendo nós que, na aplicação respectiva, o beneficiário nunca deixe de poder contar com pelo menos 5 % dessa mais valia para seu lucro efectivo). Isto significa que, se a mais valia existe mas não é suficiente para pagamento total das taxas de rega e beneficiação, estas são-lhes ajustadas, o que equivale a dizer que as razões de juro indicadas são valores máximos, e só se aplicam no seu máximo quando há resultados que o permitam, e podem ser reduzidos até zero. Êste limite, que é a hipótese da não existência da mais valia, é também a de nenhum reembôlso ser feito ao Estado. O Estado, então, terá de se contentar sòmente com os resultados mediatos que, todavia, muito grandes são sempre. Exemplo: na obra de rega feita pelo Govêrno na África do Sul para beneficiar um milhão de acres (408.685 hectares) conforme a previsão de 1930, na qual, em 1938, já estavam despendidos 15 e meio milhões de libras, dela se diz: «pelo menos 75 % do dispendido foi prejuízo financeiro, mas sabe-se que os resultados indirectos são inteiramente encorajadores» (1).

Em resumo: o dono da terra só paga reembôlso quando o pode pagar. E, se o pode pagar, iniquïdade enorme seria deixar que tal se não efectivasse. É que o dinheiro abonado pelo Estado é da Nação, é de todos; e a beneficiação, se a grande número interessa, mais interessa ainda ao dono do prédio, cuja valorização e direito de propriedade vê robustecidos como há mister, mas com mira ao bem comum. Por outro lado, o Estado, sem o reembôlso, privado ficaria de prosseguir um obra de enorme alcance nacional e extremamente dispendiosa, porque cêdo secaria a fonte da receita.

O princípio do reembôlso e a efectivação dêste são condições indeclináveis, da maior moral o do mais transcedente valor social. É mesmo um princípio de Nação: a cujos interesses estão subordinados os interêsses individuais, e uma garantia do direito ao trabalho, que garante, por sua vez, a vida da família.

Disse-se que as obras de rega eram extremamente dispendiosas; mas talvez não seja inútil e descabido acrescentar que não é só em Portugal que tal acontece, embora aqui às obras primárias (criação de albufeira, canais principais e valas mestras de enxugo) se junte sempre a execução de todo o sistema secundário do regadio e do enxugo mais a adaptação ao regadio, estradas agrícolas, casas de cantoneiros de rega e ainda o aproveitamento hidroeléctrico conseqüente, que, no geral, acompanha a hidráulica agrícola. Na Espanha, encargos de custo de 6.000 pesetas por hectare, não são raridade. E exemplo de custo muito grande de 11 contos por hectare, só de criação de albufeira, oferece-o a União Sul Africana, já acima referida. A obra criada a 40 quilómetros de Pretória, em Hartbeesport, no rio dos Crocodilos, para regar 16.000 hectares, custou 1.600.000 libras (1) Mas «pràticamente todo o trigo colhido no Transvaal, é produzido em terras regadas» (2).

Determinação da mais valia

Sendo o reembôlso consequência imediata da mais valia, por quem é esta determinada e declarada?

(1) The Engineer, Nov. 19, 1943.

(1) The Engineer, Nov., 19, 1943.

(2) Idem.

É determinada pelos serviços técnicos da Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola, que têem o encargo de estudar e executar as obras de fomento hidroagrícola do continente, sob a orientação directa da Direcção das Obras de Hidráulica Agrícola.

E feita a avaliação, esta segue com todos os elementos informativos (o cadastro) para a reclamação dos interessados; e só depois disto é que a avaliação (cadastro), mais as reclamações produzidas são julgadas, não pelos serviços técnicos da Junta, mas sim por esta (artigo 29.º, Decreto n.º 28.652), constituída pela forma que segue:

2 representantes da lavoura, 1 representante da Procuradoria Geral da República; 2 representantes do Ministério da Economia; o Director Geral dos Serviços Florestais e Aqüícolas; 1 representante da Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos; 2 Professores de hidráulica dos Institutos Superiores de Agronomia e Técnico; o Engenheiro agrónomo sub-director da Junta Autónoma das Obras de Hidrálica Agrícola e o Juiz conselheiro representante do Tribunal de Contas na Junta. Preside o Presidente da Junta.

Alguns resultados obtidos

¿Indicam os resultados obtidos da obra já concluída e em exploração, que há possibilidade de reembôlso dos abonos concedidos pelo Estado?

Há que observar.

São de efeitos lentos, embora de benefícios seguros, as obras de rega em grande, sobresaindo entre muitos o da criação de novos proprietários, e o da possibilidade da suficiência de remuneração ao trabalho e o robustecimento do lar. E já escrevemos que «se, no geral, as obras de rega não dão remuneração imediata a quem as faz (ou sejam companhias particulares ou seja o Estado a levá-las a cabo), elas jamais deixam de ser agente primacial de criação de riqueza e de bem social das nações onde se realizam. O período longo da transformação agronómica e agrária que tais obras públicas impõem, acrescido da enorme soma de capitais absorvidos de início, pode excluir a idéia da receita imediata É justamente por isso que, em tôda a parte, só os Estados têem tido capacidade financeira para fazer o grande regadio». Mas vejam-se alguns números certos da nossa pequena experiência, das obras que entraram em exploração, constantes do Quadro IV, que segue assim esclarecido: os valores do cadastro são, o de início, aquele que oferecia a terra antes da obra: o previsto, é o de depois do melhoramento. Os números índices têem por base a quantidade da produção, reduzida à cultura principal, e 100 corresponde ao pêso em quilos antes da beneficiação.

Os valores das produções dizem respeito aos preços dos anos respectivos, porque se o escudo se desvalorizou é com a mesma moeda que o reembôlso se devia ter operado. No entanto, só ao quantitativo da produção, expressa na cultura principal, atribuímos o valor que verdadeiramente interessa. E o resultado é inteiramente animador.

Quanto a reembolso ao Estado, até hoje nem um centavo foi cobrado.

O TRATAMENTO TÉRMICO COMO FACTOR ELEMENTAR DE QUALIDADE

PELO ENGENHEIRO QUÍMICO-INDUSTRIAL **A. M. DA PAIXÃO**

São dos arquivos dos laboratórios das Fábricas do Tramagal os valores numéricos e as microfotografias que ilustram o presente artigo.

Ao apresentarmos à sua Digníssima Administração os nossos melhores agradecimentos pela gentileza da sua autorização, não podemos deixar de lastimar, que os modestos recursos da nossa «Técnica» não nos permitissem aproveitar melhor esta oportunidade.

I

A Fundição e a Metalurgia são duas técnicas distintas. Porém, a incerteza que existe na história das suas origens, a lenda que as acompanha, não nos permite afirmar se o homem primitivo teria sido primeiro um fundidor, ou, um metalurgista, ou, simultâneamente uma e outra coisa. Claro está, que aquelas designações são apresentadas na ampla generalidade de uma idéia, que um determinado trabalho sugere e sem se lhes outorgar os requisitos técnicos, que exigem e possuem.

Existem vestígios de cobre fundido de uma época datando aproximadamente 4500 anos A. C., e de prata com 3000 anos, mas a sua composição química leva-nos a supor, tratarem-se de metais nativos sem purificação, e não de ligas intencionalmente preparadas.

Apesar de se encontrarem alguns dados que nos permitem afirmar, que um metal foi utilizado primeiro do que a qualquer outro, a prudência manda, que nos limitemos a admitir a existência de uma Idade de Metais a partir da altura em que o homem compreendeu que os podia trabalhar com a ajuda do fogo, pois, até aí, êles eram trabalhados como se fôssem pedras. Não tem importância para o desenvolvimento da nossa idéia, que êsse metal tivesse sido o ouro ganhando brilho pela martelagem, o cobre impuro, endurecendo pela têmpera, dada ùnicamente com o fim de arrefecer, ou o ferro meteorítico, cuja composição nos leva a colocá-lo ao lado dos aços especiais. Mas dêste problema, que pomos, e cuja solução não nos interessa neste momento, é possível deduzir quais as propriedades elementares, que foram motivo e causa da sua aplicação e, como delas, foi possível chegar às propriedades complexas, cujo estudo, é ainda hoje problema aguardando solução.

Estudar a origem de um método, a razão de um processo, a sua evolução no passado, é, também, desvendar o seu comportamento e importância no presente; é investigar, deduzir o seu destino no futuro.

Da História, não basta conhecer as suas lições; é preciso compreendê-las. Aqueles elementos, considerados como basilares e necessários ao conhecimento humano, é preciso reüni-los, coordená-los, dar-lhes o relêvo necessário, que a sua importância exige, arrancá-los, mas com seguro critério, da massa de considerações já sem interêsse pela sua desactualização, diminuídas de valor pela evolução das idéias e enunciação de novos princípios. Mas, do que desaparece, alguma coisa fica. A lenda, que se conta; a tradição, que se respeita; e, mais ainda: a

indicação de caminhos a seguir na adaptação de velhos processos, e no descobrimento de novos métodos; o apontar de exemplos magníficos, que devem ser seguidos; o relembrar de interessantes idéias, que devem ser aproveitadas; e, sobretudo, não permitir que preciosos ensinamentos se percam. O raciocínio ajudado por paciente reflexão, a experiência ensinada por custosos desenganos, são o esteio, e, também, os alicerces do saber humano.

Pouco a pouco, na Metalurgia, vemos aparecer, de uma maneira incerta e confusa, a influência de uma ciência, que se esboça hesitante ainda nos seus primeiros passos, mas já dentro de uma consoladora idéia de certeza e na plena segurança de um triunfo que será a causa principal do seu desenvolvimento: A Química. Depois, mais tarde, para responder aos problemas postos pelas necessidades do Homem, o metalurgista tem de recorrer aos princípios da Física, e o encontro destas duas ciências, a que uma série de fortuitos acontecimentos presta o indispensável e necessário auxílio, vai permitir que, da Metalurgia, se destaque com tôda a beleza de um vigor inesperado, com o brilhantismo de uma magnífica realidade, essa ciência, que é o seu orgulho na maravilhosa simplicidade dos seus princípios, na inexcedível utilidade dos seus processos, nos prodigiosos resultados da sua aplicação: A Metalografia.

A Fundição, essa irmã gémea da Metalurgia, vai agora progredir a passos rápidos. Aproveita, além dos seus métodos, os dados adquiridos pelo metalurgista. Ciosa da sua importância, procura e consegue a sua independência. Os caminhos ainda ontem paralelos, são agora divergentes. O fim é, porém, o mesmo.

Uma, procura alcançar para o metal as propriedades especificadas, as mais elevadas, traduzidas experimental e numèricamente pelas características físico-mecânicas; a outra, interessa a compacidade máxima caracterizada pelo seu índice de continuïdade. Para que os esforços se conjuguem e os resultados satisfaçam, vai-se actuar sôbre o fabrico, composição e tratamento da substância metálica.

II

Aço é um termo genérico usado para se designar uma determinada classe de ligas industriais, derivadas do sistema Fe—C, caracterizada por um determinado conjunto de propriedades, função da sua composição e da sua estrutura. Dentro dos aços ordinários, pela própria definição, o carbono é o elemento fundamental a considerar, e, podemos chamar aços, aos produtos industriais derivados do sistema Fe—C para os quais o carbono se encontra em solução sólida para temperaturas superiores a Ac_3. Dêste modo, a percentagem máxima de C num aço é de 1,7 % e, à temperatura normal, o aço de carbono é sempre um agregado de ferrite mais perlite, de ferrite mais cementite, ou de perlite mais cementite.

No início da soldificação, a alta temperatura, o aço é no seu todo um sistema disperso: líquido no qual flutuam os gérmens cristalinos. Nesta fase de cristalização, temos uma fase líquida móvel e uma fase sólida móvel também. É esta a fase que mais importância tem na moldagem, naquilo a que diz respeito ao enchimento do molde.

A seguir à formação de um gérmen cristalino, temos de considerar o seu desenvolvimento, caracterizado pelos seus KZ e KG.

O crescimento, a orientação e o deslocamento dos gérmens cristalinos são funções do gradiante térmico, e, assim, isotermia será uma condição favorável e necessária à homogenização e à eliminação da heterogenidade primária.

O diagrama clássico de equilíbrio do sistema Fe—C pressupõe que a difusão nas fases sólida e líquida se opere instantâneamente, resultando daí, que para uma dada temperatura e na totalidade das massas respectivas, as duas fases em presença são definidas pelas curvas do diagrama de equilíbrio. Na realidade, a difusão é mais fraca na fase sólida do que na fase líquida, mas, não é nula na primeira, nem instantânea na segunda, e, nem sequer é tão rápida como a cristalização. Para uma dada temperatura e composição, o primeiro gérmen cristalino que se forma tem a composição dada pela

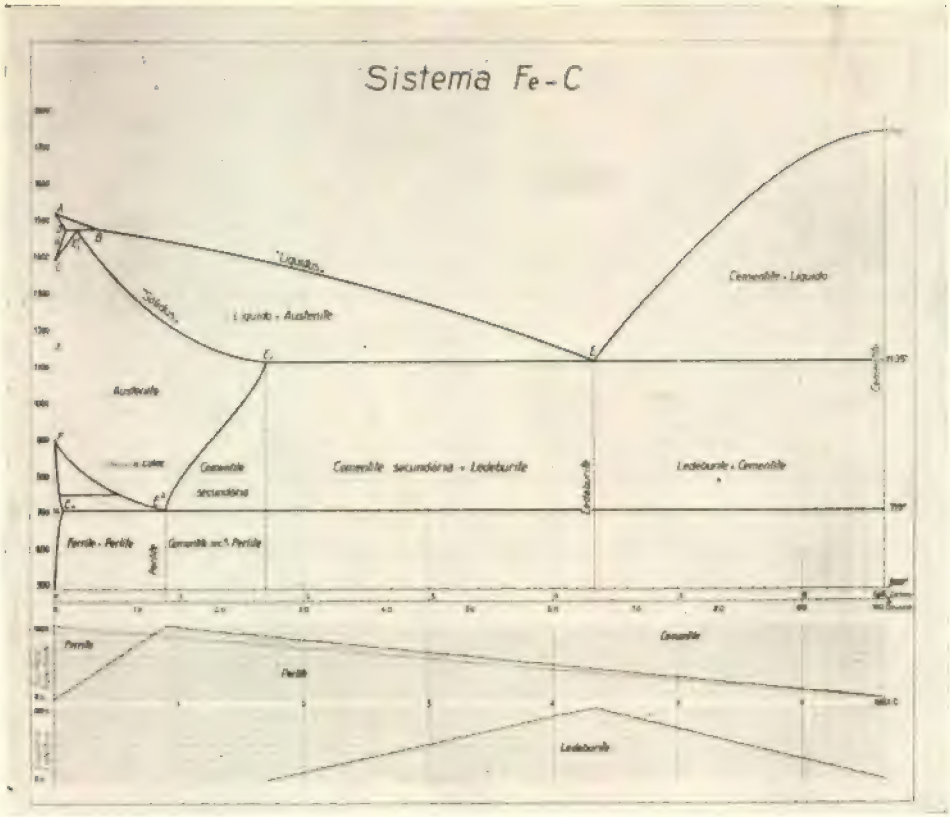


Fig. 1

abcissa do ponto A (fig. 2). Depois de solidificada, a liga deveria ter em todos os seus pontos a composição indicada pela a abcissa comum dos pontos B e P. Isto não é verdade, pois, tal exigiria uma difusão nula

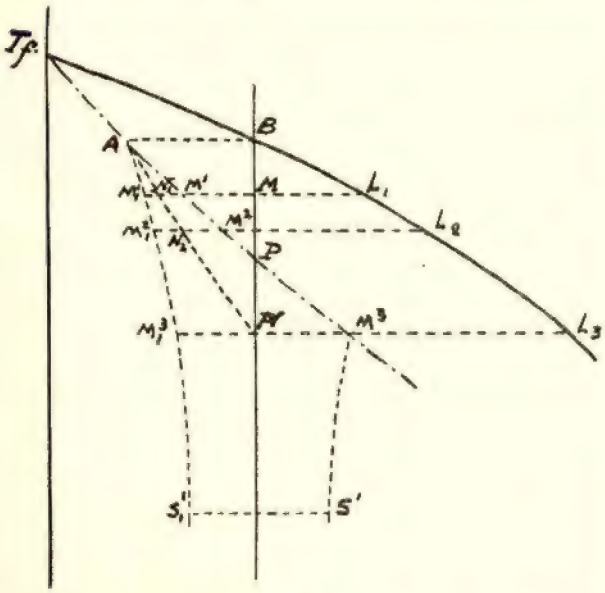


Fig. 2

ou uma difusão instantânea. Porém, na prática, os factos não se passam assim. No ponto M, durante a solidificação, os núcleos já formados têm uma composição variando do ponto M' à do ponto M'_1. A composição média da fase sólida é tão representada pelo ponto N situado em M' e M'_1.

Salvo o caso dos elementos e dos compostos inter-metálicos, que cristalizam sob a forma de poliedros geométricos de faces planas, os gérmens cristalinos apresentam-se em dendrites, edifícios cristalinos arborescentes, ramificados em forma de fôlhas de cipreste, entrelaçadas, cujo aspecto é de observação corrente. O desenvolvimento das dendrites faz-se por crescimento simultâneo número de ramos, do comprimento e da espessura, e continua, até se esgotar o líquido-mãi. Pelo desenvolvimento da sua cristalização, a estrutura dendrítica vai criar uma imobilização, por choque, aos gérmens cristalinos livres: estamos assim numa segunda fase de cristalização, onde temos uma fase sólida imóvel e uma fase líquida

móvel ainda. Esta fase líquida é o agente necessário ao preenchimento das cavidades interdendríticas, de modo que o desaparecimento dos ôcos está pendente do seu deslocamento.

A alimentação do molde tem nesta segunda etape primordial importância, pois ela deve obrigar a fase líquida a deslocar-se e permitir variações de pressão sôbre paredes sólidas, pelo deslocamento de um determinado volume líquido.

Quando as dendrites têm já um desenvolvimento de tal ordem, que o deslocamento da fase líquida já não seja possível, estamos na última etape da cristalização: — as fases líquida e a sólida são imóveis. O arrefecimento provoca uma libertação gasosa, se o nosso sistema durante o estado líquido não foi convenientemente desgazeificado. Se a libertação gasosa fôr proveniente de uma reacção química e a pressão dos gases tal, que obrigue ao afastamento a substância líquida em vias de solidificação: — temos um chocho.

Se a libertação gasosa vai provocar um deslocamento da substância cristalina já solidificada: — temos uma fenda.

Pode acontecer ainda, que os gases sejam provenientes de uma quimi-adsorção e que se libertem em conseqüência de um deslocamento de equilíbrio, formando-se assim os poros.

Claro está, que estes defeitos aparecem, também, como conseqüência de outras causas.

A estrutura primária, ou de solidificação, atrás descrita, é susceptível de modificação, e, por transformação, novos elementos constituintes podem aparecer. É assim, que no caso dos aços nos aparecem a perlite e a cementite secundária ou pró-eutéctoide. É fácil de compreender a influência que a velocidade de arrefecimento tem sôbre a transformação dos elementos de estrutura. Notemos que estas transformações são reacções químicas em fase sólida, que podemos agrupar em duas classes, segundo a reacção se dá por transporte orientado, ou translação, e cuja velocidade de reacção é função da concentração e da temperatura; ou então, a reação produz-se por transposição atómica, conseqüência do movimento vibratório dos átomos, havendo apenas uma troca de lugar na respectiva cadeia, o que está ligado com uma variação de concentração. As primeiras, chamadas deformações homogéneas, produzir-se-ão também pela acção de uma fôrça externa, e dão-se em muitos casos de dilatações ou contracções direccionas, e nas quais seja possível constatar uma diferença de dimensões de um dado elemento de simetria, antes e depois da deformação.

Quando se trata de uma primeira cristalização, o gradiante térmico, é, talvez, mais importente do que a velocidade de arrefecimento; quando se trate de uma transformação, a velocidade de arrefecimento é, sem dúvida, mais importante do que o gradiante térmico.

É necessário notar, porém, que tanto num caso como no outro, a ordem de grandeza dessa influência é já macroscópica e que o valor do gradiante térmico não deve ser tal que dê origem a tensões internas de efeitos observáveis.

É, pois, possível para um dado aço definir uma série de grãos, cujas influências sôbre as propriedades físico-mecânicas se manifestam em graus sucessivos:

a) Grão A_1 ou grão α ou grão a frio.
b) Grão γ ou grão a quente.
c) Grão perlítico, ou, cementítico ou grão de transformação.
d) Grão de fractura.

O grão α é o grão de ferrite; o grão γ é o grão austenítico, ou, de solução sólida, e, existente acima de Ac_3 donde provém a estrutura a frio. Esta comporta, hereditàriamente, agrupamentos de grãos de perlite, ou de cementite, derivados de um mesmo grão austenítico, o que forma um grão complexo ou célula.

O grão de transformação, obtido por arrefecimento natural ou por tratamento térmico, é uma conseqüência imediata da velocidade de arrefecimento. É independente do grão de ferrite; o seu aspecto, natureza e dimensões são independentes do desenvolvimento do grão a quente.

O grão de fractura mostra-nos a trajec-

tória da fractura obedecendo à estrutura e sendo influenciada, não pela proporção dos constituintes, mas pela sua fragilidade, quer específica, quer cristalina, e sua continuïdade segundo a sua distribuïção: quer intergranular ou celular, dando origem a cristais de faces encurvadas e de um brilho mate, quer intergranular, dando origem a cristais de faces planas e brilhantes.

Do mesmo modo, películas finas de óxidos, invisíveis, situadas nos limites dos grãos de cristalização, podem dar origem a superfícies de menor resistêucia, que não são influenciadas pelos tratamentos térmicos, desde que qualquer tratamento mecânico as não tenha destruído ou deslocado. Há, então, persistência de efeito da estrutura primária ou de solidificação; é a isto que se chama o *ingotismo*.

É hábito pretender-se avaliar pelo exame do grão de fractura algumas das propriedades físico-mecânicas do aço, e, inclusivamente, até a sua percentagem em carbono. Não é bem uma fantasia, mas uma incompreensão e um desconhecimento da acção de certos factores sôbre a estrutura cristalina. Evidentemente, que a prática, a repetição freqüente dêsses exames e o controle das conclusões tiradas com os resultados obtidos, permitem-nos, depois, por comparação, fazer um certo número de afirmações, que a prudência e a honestidade mandam e exigem sejam feitas com tôda a reserva, mesmo que a condição necessária de igualdade de composição e uniformidade de tratamentos se mantenha. Não esqueçamos, e nem seja motivo de admiração, que é possível uma discordância entre as conclusões tiradas do exame micrográfico e do exame de grão de fractura.

Como conseqüência da existência de pontos de transformação, o aço apresenta três tipos de estrutura: (Portevin).

Estrutura primária ou dendrítica, que tem origem durante a solidificação, e que é revelada particularmente pelos reagentes cúpricos, sensíveis à segregação dendrítica. Esta estrutura é quási insensível aos tratamentos térmicos, mas pode ser modificada por tratamentos mecânicos.

Estrutura secundária ou austenítica, que tem origem no intervalo A_{r3} — A_{r1} por separação do constituinte pró-eutéctoide a partir da austenite, que se modela sôbre a estrutura desta austenite, quer, por repartição intergranular, quer, por repartição extragranular.

Estrutura terciária, ferrítica ou perlítica, formando-se por uma transformação do eutéctoide. Esta estrutura depende, pois, das condições de arrefecimento.

III

As propriedades de um dado produto metalúrgico no estado sólido dependem:

A) Da sua constituïção.
B) Da sua estrutura,

que são independentes entre si, excepto no caso dos ferros fundidos.

As variáveis, ou factores elementares, influindo sôbre a constituïção e estrutura, são:

1 — *Composição química.*
2 — *Lei de arrefecimento,* que depende dos factores de fundição.
3 — *Passado térmico,* isto é o estado estrutural inicial antes da fusão e história térmica durante a fusão e no estado líquido.
4 — *Tratamento térmico.*

1 — Composição química

Para a obtenção de uma dada composição química temos de considerar:

a) Matérias primas.
b) Condições de fusão.

E no produto fabricado é hábito distinguir:

a_1) Constituintes (normais e especiais).
a_2) Impurezas (metálicas e não metálicas).

Esta classificação, se não é má, boa também não é; aceita-se na falta de outra melhor.

Porquê?

Para um dado metal ou liga metálica, os elementos considerados como prejudiciais às suas propriedades são designados por impurezas e a operação que tem por fim, se não eliminá-los, mas reduzi-los às percentagens mínimas possíveis, chama-se afinagem ou purificação.

Porém, o que devemos notar, aliás isso já é bem conhecido, é que o efeito prejudicial de um dado elemento não se faz sentir igualmente sôbre tôdas as propriedades. Alguns elementos, considerados normalmente como prejudicais, podem em certos casos ser considerados como indispensáveis, e devem ser portanto considerados como elementos constituintes; inversamente, certos elementos, considerados normalmente como constituintes, podem em certos casos passar a ser tidos como indesejáveis e devem ser, pois, considerados como impurezas.

O carbono, por exemplo.

Como agente facilitando a corrosão inter-granular dos aços inoxidáveis tipo 18/8 não há melhor; se não pode ser totalmente eliminado deve ser completamente neutralizado.

O efeito de um determinado elemento depende da sua percentagem e do estado em que se encontra; é necessário conhecer não só a análise quantitativa, mas também a estrutura e a sua repartição.

Assim, o enxôfre pode estar em solução sólida ou combinado; no caso dos aços, se êle estiver combinado com o Mn a sua influência prejudicial é bastante atenuada. Outras impurezas que devemos considerar são as inclusões.

Produtos geralmente oxidados, de difícil se não impossível decomposição, a sua influência dependerá do seu número, dimensões e repartição. O estudo metalográfico é neste caso de considerável importância.

O processo a empregar na purificação de um dado sistema depende dos estados agregados das fases em presença. De uma maneira geral, êsses processos podem ser classificados em:

a) Químicos.
b) Físicos.
c) Mixtos.

Na metalurgia, os mais empregados são os processos químicos, havendo casos em que se utilizam os processos físicos e os processos mixtos.

O factor fundamental a considerar nos processos químicos é a lei da acção de massa, pois que quási sempre temos de trabalhar com sistemas reversíveis. As partículas sólidas ou líquidas resultantes das reacções, quando não eliminadas, vão dar origem às inclusões; elas dependem, então, das concentrações e das temperaturas locais e não dos seus valores médios, pois a difusão é não instantânea e de considerar.

No caso dos aços, as principais impurezas a considerar são o P, o S e o O. A desoxidação implica uma eliminação do oxigénio existente e portanto a eliminação dos produtos formados. Ora isto é, realmente, difícil. O emprêgo dos redutores tem como inconveniente a dificuldade da sua dosagem, que, devendo ser em excesso, tem como conseqüência imediata o metal guardar no seu seio uma quantidade variável, o que pode ter influência sôbre as suas propriedades e sôbre a acção dos tratamentos térmicos.

A eliminação das impurezas depende também da sua lei de repartição.

Os agentes de purificação devem ser de natureza tal que as reacções entre êles e as impurezas a eliminar devem obedecer simultâneamente às leis da estática e da cinética química.

Para que assim seja, então, para um dado laitier, devemos considerar a sua composição química e as suas propriedades físicas, entre as quais devemos destacar o ponto de fusão, a densidade e a viscosidade.

No estado actual dos nossos conhecimentos, e uma vez que na fundição dos aços a imprecisão é regra geral, a sua fabricação é apenas uma arte; é necessário, porém, que ela se torne uma ciência, onde o controle sirva apenas para verificar a certeza das previsões.

São passados dois séculos desde que Benjamim Huntsman fundiu o primeiro aço de cadinho (1740).

Relojoeiro, descontente com as molas que lhe forneciam, resolveu êle próprio fabricá-las. Caprichoso destino!

A Metalurgia ficou devendo a um homem, para o qual, provàvelmente, a Química seria coisa desconhecida, um dos seus mais notáveis progresssos. Se bem que o processo de cadinho deva ser considerado, mais como um processo de simples fusão do que um processo de afinagem, a verdade é que nos permite obter aços de alta qualidade, concorrendo para ela, principalmente, a qualidade das matérias primas e a técnica do fundidor. Os processos de elaboração dos aços, processos Bessmer, Martin, Thomas e eléctrico, são bem conhecidos e vulgarizados suficientemente para dispensarem, mesmo em linhas gerais, quaisquer referências.

Em 1934, o engenheiro francês René Perrin, director das fábricas de Ugine, inventou e aperfeiçoou o processo conhecido pela designação Ugine-Perrin.

A afinagem de um aço é obtida à custa das reacções que se passam entre o metal e as substâncias que para êsse fim são adicionadas à carga. É evidente que as acções recíprocas são lentas dada a grande viscosidade do meio, a pequenez relativa das superfícies de contacto e o fraco valor da velocidade de difusão. Por outro lado, os produtos de reacção são difíceis de eliminar, decantando-se lentamente e ficando em suspensão no metal, o que, dada a natureza reversível das reacções, pode originar reacções inversas e portanto prejudiciais.

No processo Ugine-Perrin o contacto laitier-metal e o acréscimo das superfícies de contacto é assegurado por emulsão obtida à custa de uma agitação intensa.

Dêste modo a desoxidação é completa e a ponto tal, que a adição de calmantes como o alumínio é desnecessária; a velocidade de reacção é tão grande, que a operação pode ser dada como terminada ao fim de dois minutos. A partir do instante em que o teor de carbono desejado foi conseguido e a temperatura de trabalho obtida dentro da tolerância concedida, tôdas as outras operações são reguladas prèviamente e a operação de afinagem é automática e dirigida, condições estas características de um processo científico.

2 — Lei de arrefecimento

Quanto à lei de arrefecimento, temos de considerar que a temperatura de um sistema em solidificação varia no tempo e no espaço.

Portanto, num dado instante, a temperatura de um dado ponto da massa de uma peça depende:

1.º — Da posição do ponto, isto é, das sua coordenadas (x_k) em relação a um sistema de eixos de referência;

2.º — Do instante considerado, isto é, do intervalo de tempo t decorrido desde a origem de arrefecimento até a êsse instante.

Podemos pois considerar uma função

$$f = f\ (x_k\ \ , t)$$

que nos nos permite definir duas grandezas:

$\Sigma_k \dfrac{df}{dx_k}\ i_k \rightarrow$ o gradiante de temperatura,

pois que a distribuïção pontual das temperaturas é um campo escalar invariante com os sistemas cartesianos rectangulares, e

$\dfrac{df}{dt} \rightarrow$ a velocidade de arrefecimento.

Se as superfícies isotérmicas são esféricas, cilíndricas ou planas, as trajectórias ortogonais são rectas e as isochronas são radiais ou paralelas; o gradiante térmico é dado por

$$\frac{df}{dr}$$

em que r é a distancia do ponto considerado à superfície da peça.

Podemos em certos casos considerar o gradiante axial e o gradiante radial. Para um caso ideal de um arrefecimento isotérmico, o gradiante de temperatura é nulo e, para um intervalo de tempo suficientemente grande, a temperatura pode ser considerada como constante.

De um modo geral, o valor daquelas duas grandezas é influenciado por um conjunto de factores, conhecidos sob a designação

genérica de *factores de fundição* (Portevin), e que dependem

a) *da peça*—forma, dimensões, massas, etc;

b) *da liga* — propriedades físicas e químicas;

c) *do molde* — natureza, dimensões, superfície de contacto;

d) *das condições de moldagem* — temperatura, velocidade de enchimento do molde, modos de alimentação, etc.

Vemos, assim, que as propriedades de fundição são a resultante de um conjunto de diversas propriedades específicas ou elementares actuando num intervalo de temperaturas e sob o efeito de diferentes velocidades de arrefecimento.

3 — Passado Térmico [1]

O conjunto das influências de origem e dos estados anteriores sôbre as propriedades físicos-mecânicas de um dado produto metalúrgico, é designado de uma maneira geral por hereditariedade.

Êste assunto de considerável importância encontra-se ainda envolvido em certa confusão, pois as explicações apresentadas fazem referência a factores imponderáveis, o que em última análise é simplesmente uma confissão de ignorância. Todo o fenómeno de hereditariedade deve, sem dúvida, levar-nos a estudar um factor até aí desprezado, quer se trate de uma impureza, quer se trate de um detalhe da história térmica do produto.

No estudo de um fenómeno de hereditariedade, que se manifesta pelos seus efeitos, temos de considerar *as causas ou agentes e a explicação da persistência de efeito*. Evidentemente, que a explicação da persistência de efeito é facilitada pelo conhecimento dos agentes de hereditariedade. Mas, enquanto que o conhecimento dêstes está pendente da solução de um problema de natureza metalográfica, mais ou menos difícil, o mesmo não acontece para aquela.

Não existe ainda, ou, pelo menos, dela não temos conhecimento, uma teoria geral sôbre êste assunto; apenas algumas questões isoladas se encontram tratadas em diversas memórias a propósito de problemas que a ela andam ligados. O fenómeno pode ser de natureza

a) Química;

b) Estrutural;

c) Químico-estrutural.

Numa teoria geral, poderíamos considerar o fenómeno como sendo exclusivamente de natureza químico-estrutural, e por restrições ou particularizações seríamos conduzidos aos casos *a*) e *b*).

Parece-nos que é possível encontrar a explicação dêsse fenómeno na tensão superficial e na viscosidade, se admitirmos, com Langmuir, que as acções superficiais são também devidas a atracções de ordem química, cujos efeitos se podem considerar como conseqüência de uma disposição molecular orientada.

Os nossos estudos devem ser orientados no sentido de se investigar se os resultados obtidos nos estudos dos sistemas líquido-líquido são susceptíveis de extrapolação aos sistemas líquido-sólido.

IV

Nada mais interessante do que o estudo histórico da evolução da técnica dos tratamentos térmicos, nada mais útil do que o seu estudo científico e conseqüências da sua aplicação.

Como estamos longe da época em que êsse genial Dimitri Tchernoff (1868) — tinha então 19 anos — estabeleceu o primeiro facto científico relativo aos tratamentos térmicos. Descobre os pontos críticos do aço e afirma «para que um dado metal possa tomar têmpera, tem de ser aquecido a uma temperatura determinada». É ainda pouco, mas já era tanto!

Reaumur (1722) foi, porém, o primeiro a erguer a barreira, que devia separar tôda a deliciosa fantasia e prodigiosa imaginação daqueles que consideravam a têmpera como um ritual secreto, daqueles que, ainda hesitantes, procuravam uma explicação cientí-

[1] O conceito de passado térmico leva-nos a encarar a utilização da metalografia no contrôle das cargas.

fica: «*la trempe n'est due ni a l'intervention d'une substance nouvelle ni à l'expulsion de l'air, mais bien à des changements que subit la structure*».

A têmpera apareceu na altura em que o homem primitivo principiou a utilizar o cobre. O cobre puro, não apresentando pontos de transformação, não admite o fenómeno de alatropia. Porém, o cobre utilizado pelo homem primitivo, muitas vezes designado incorrectamente por bronze, era um metal impuro, e cujas impurezas se encontravam dentro dos limites das soluções sólidas respectivas. Depois dos trabalhos de Tchernoff, dois engenheiros franceses do Creusot, Osmond e Werth, estudaram os pontos de transformação dos aços e o seu deslocamento em função da sua composição química.

A aplicação dos métodos físicos e físicos-químicos de Henri Le Chatelier permitiu o desenvolvimento da investigação pelo aumento da facilidade de contrôle. Mas só em 1915, com Mac Cance, se principiou a estudar a influência da velocidade de arrefecimento, estudo êsse que se pode considerar concluído apenas em 1936, com os trabalhos de Bain.

Só o conceito errado de uma economia mal dirigida, o desconhecimento das vantagens de um tratamento convenientemente aplicado, permitiu que o tratamento térmico às peças de fundição fôsse durante tanto tempo considerado como um luxo, que se poderia dispensar, ou uma despesa que não interessava fazer. Entretanto nas peças de forja êles eram aplicados, talvez inconscientemente, só porque eram necessários. O tratamento térmico é a operação que tem por fim modificar, ùnicamente pela acção do calor, as propriedades de um dado produto metalúrgico, apresentando as seguintes modalidades:

1 — Têmpera;
2 — Recozido;
3 — Revenido.

Em certos tratamentos, a acção do calor é necessária para facilitar operações ulteriores, que são, ou trabalhos mecânicos, ou tratamentos químicos. As modalidades do tratamento térmico são susceptíveis de uma definição simples, mas geral.

Sejam, Tr a temperatura de transformação ao aquecimento; Ta a temperatura de aquecimento; $t = f(t)$ a lei de arrefecimento e Vc a velocidade crítica de arrefecimento.

Se fôr

$$Ta > Tr$$
$$f.(t) > Vc$$

trata-se de uma têmpera;

$$Ta > Tr$$
$$f(t) < Vc$$

trata-se de um recozido; [1]

e se fôr

$$Ta \leqslant Tr$$
$$f(t), \text{ qualquer,}$$

trata-se de um revenido.

A têmpera consiste em aquecer um produto metalúrgico a uma dada temperatura e arrefecê-lo ràpidamente, o que se faz por imersão num sólido, num líquido ou num gás.

Aplica-se aos produtos apresentando um ponto de transformação ao aquecimento, que deve desaparecer ao arrefecimento, ou, ser suficientemente deslocado. Para isso, o arrefecimento deve ser feito com uma velocidade tal, que seja superior a uma velocidade determinada, chamada velocidade crítica de arrefecimento.

A têmpera pode ser posta em evidência pela micrografia, pelos ensaios mecânicos ou pelos ensaios físico-químicos e nela temos de considerar:

I) Composição química elementar
II) Condições de aquecimento
III) Condições de arrefecimento.

---

[1] Devemos notar que o recozido pode aplicar-se a produtos sem pontos de transformação. Neste caso o aquecimento deve efectuar-se a uma temperatura superior à temperatura de recristalização.

Em relação à composição química, temos

A) Caso do eutéctoide
B) Caso de uma linha de transformação separando uma zona a um constituinte de uma zona a dois constituintes.
C) Caso de uma zona a dois constituintes limitada por duas linhas quaisquer.

Dentro do caso da eutéctoide temos ainda:

A_1) — Eutéctoide formado por α e β em que α e β são duas soluções sólidas.
A_2) — $\alpha = 0$
A_3) — α, $\beta = 0$
A_4) — Eutéctoide formado por dois compostos inter-metálicos.

Para uma dada liga metálica, α e β são definidos pela composição química elementar.

Caso dos aços: Nos aços, como sabemos, o eutéctoide é a perlite, agregado de ferrite e de cementite. Os constituintes são, então, um elemento e um composto inter-metálico. O ponto de transformação correspondente é definido pelas coordenadas $C = 0{,}89\ \%$ e $T = 710 \pm 5$.

É o ponto $A_{r3,2,1}$.

Nos aços, os pontos A_{r3} não coincidem com os pontos A_{c3} e a histeresias, que se manifesta, fundamental na prática dos tratamentos térmicos, é função da composição química e da lei de arrefecimento. Acima de A_{c3} o aço é constituído por uma solução sólida de carbono no ferro γ: a Austenite.

O aquecimento transforma o agregado primitivamente existente num todo homogéneo. Dêste modo, *não deve ser muito rápido,* para evitar o aparecimento de tensões internas de origem térmica e permitir uma transformação completa da perlite e conseqüente dissolução, o que exige tempo apreciável dada a grande viscosidade do meio; *não deve ser demasiadamente elevado,* para evitar fenómenos de sobreaquecimento e ao mesmo tempo permitir que o efeito de histeresis se faça sentir com tôda a sua utilidade.

Mas, devemos frisar que a temperatura de aquecimento deve ser sempre superior à temperatura A_{c3}. A necessidade de existência de um limite impõe-nos a noção de temperatura crítica de têmpera, temperatura a partir da qual se nota uma queda de valores das propriedades físico-mecânicas (1).

Não existem ainda hoje princípios, de ordem exclusivamente teórica, que nos permitam estabelecer, à priori, a temperatura crítica de têmpera.

Na têmpera, a lei de arrefecimento é de uma importância considerável. Existe uma velocidade de arrefecimento mínima, chamada velocidade crítica de arrefecimento. Para velocidades de arrefecimento inferiores, a nossa têmpera reduz-se a um recozido. Mas, sendo possível estabelecer, por considerações de ordem exclusivamente teórica, uma lei de arrefecimento, que coincida com a velocidade crítica de arrefecimento, não é possível, para um dado aço, estabelecer teòricamente uma lei de arrefecimento óptima.

Importa arrefecer depressa, mas, só isto não abasta.

Para uma mesma velocidade de arrefecimento, a natureza do meio tem influência; arrefecer em água ou em óleo, ainda mesmo que num caso e no outro se dê uma queda de tantos graus por segundo, não é a mesma coisa.

Há a necessidade absoluta de definir uma grandeza, que pode ser designada por densidade ou intensidade de têmpera, e cuja medida pode ser dada pela espessura de uma dada camada de estrutura diferenciada por têmpera, no sentido radial e da periferia para o centro (2).

---

(1) Êste conceito não pode ser considerado como recente. Em 1891, Ball afirmava que os aços apresentavam um ponto crítico à temperatura de 1300° para uma percentagem de 0,12 e 0,14 de C. Falou-se durante algum tempo no ponto de Ball, mas não se confirmou a sua existência. Ora, o ponto crítico de Ball outra coisa não era do que a temperatura crítica de têmpera para os aços daquele teor.

É necessária justiça e homenagem devida à presente nota.

(2) A intensidade ou densidade de têmpera poderia ser medida com todo o rigor, empregando a técnica espectróradiográfica. Antes da têmpera, tôdas as malhas da rêde cristalina (cúbica) possuem sensivelmente a mesma cons-

Na têmpera, o aquecimento tem por fim transformar a estrutura da peça na estrutura de uma solução sólida; o arrefecimento brusco tem por fim manter em solução à temperatura normal os elementos dissolvidos. Interessa, pois, ainda que pràticamente se notem afastamentos, conhecer qual a percentagem teórica dos elementos constituintes da solução sólida residual, depois do produto temperado.

Ao arrefecimento, o ponto de transformação deve ser deslocado e podemos constatar:

1) — O metal não apresenta nenhum ponto de trasformação.

2) — O metal apresenta um ponto de transformação ligeiramente deslocado.

3) — O metal apresenta um ponto de transformação muito deslocado.

O primeiro caso dá-se para velocidades de arrefecimento excessivamente rápidas: caso da hipertêmpera ou em presença dos elementos de obstrução ([3]) (Mn e Ni) nas percentagens devidas.

A transformação sendo suprimida, obtemos à temperatura normal a estrutura estável a quente: caso dos aços austeníticos.

O segundo caso, que pode também aparecer nos aços, comunica propriedades muito semelhantes às propriedades obtidas por recozido — caso das têmperas obtidas com velocidades de arrefecimento pequenas e recozidos obtidos com arrefecimentos rápidos — (arrefecimentos ao ar por exemplo).

O terceiro caso, é o caso vulgar. Dá origem a uma estrutura mista, predominando a martensitica; a percentagem da martensite cresce com a velocidade de arrefecimento.

Segundo a figura (3) o nosso aço tem uma percentagem de carbono igual a 0,50 %. O ponto A_{c3} encontra-se, pois, a 760°; a temperatura do ponto A_{r3} depende da composição global do aço e da lei de arrefecimento.

Suponhamos que a velocidade de arrefecimento dada ao nosso aço foi tal, que a transformação correspondente ao ponto A_{r3} está completa à temperatura de 725°. Então a percentagem de carbono da solução sólida residual é de 0,76 %.

Notar que a precipitação de ferrite é tanto menor e tanto mais pura quanto maior fôr a velocidade de arrefecimento.

Recozido: — Chama-se recozido à operação que consiste em levar um dado produto metalúrgico a uma temperatura determinada e aí mantê-lo durante um certo tempo e, depois, deixá-lo arrefecer segundo uma lei, função das propriedades a obter. Aplica-se a qualquer produto metalúrgico, quer tenha ou não um ponto de transformação.

Utiliza-se em diferentes circunstâncias:

a) Para destruir efeitos de têmpera primária;

b) Para destruir a «ecruissage»;

c) Para afinar a estrutura bruta ou sobre-aquecida;

d) Para destruir as tensões internas provenientes do trabalho mecânico;

e) Para facilitar o trabalho mecânico das peças;

f) Para obter um novo tipo de estrutura.

Quanto aos seus efeitos temos de considerar dois casos:

---

tante de cadeia. Se num gráfico marcarmos o número de malhas cujo lado têm um valor λ_0 temos uma curva de distribuïção estatística dando o número n de malhas em função da grandeza λ_0, que teòricamente está reduzida à ordenada correspondente à abcissa λ_0.

Depois da têmpera, e como conseqüência das deformações dos planos recticulares, podemos constatar um novo tipo de estrutura (tetragonal) e portanto a existência de malhas com novos paramentos λ_1, maiores e menores que λ_0. A nova curva estatística de distribuïção é diferente da primitiva, o que corresponde a uma expansão do escurecimento fotográfico do espectro produzido pela difracção dos raios X através da rêde cristalina. *A semi-largura do máximo dessa curva, para condições de irradiação standardizadas, é uma função unívoca da alteração de estrutura.* A relação daquele vapor para o seu valor inicial seria uma medida da intensidade de têmpera.

É um problema de física interna dos metais, que ainda não está estudado.

([3]) O ponto A_{r3} é abaixado de 66° por cada 1 % de Mn e de 35° por cada 1 % de Ni. É de esperar, pois, que os aços Hadfield temperados (12 - 14 % de Mn) tenham à temperatura normal uma estrutura austenítica.

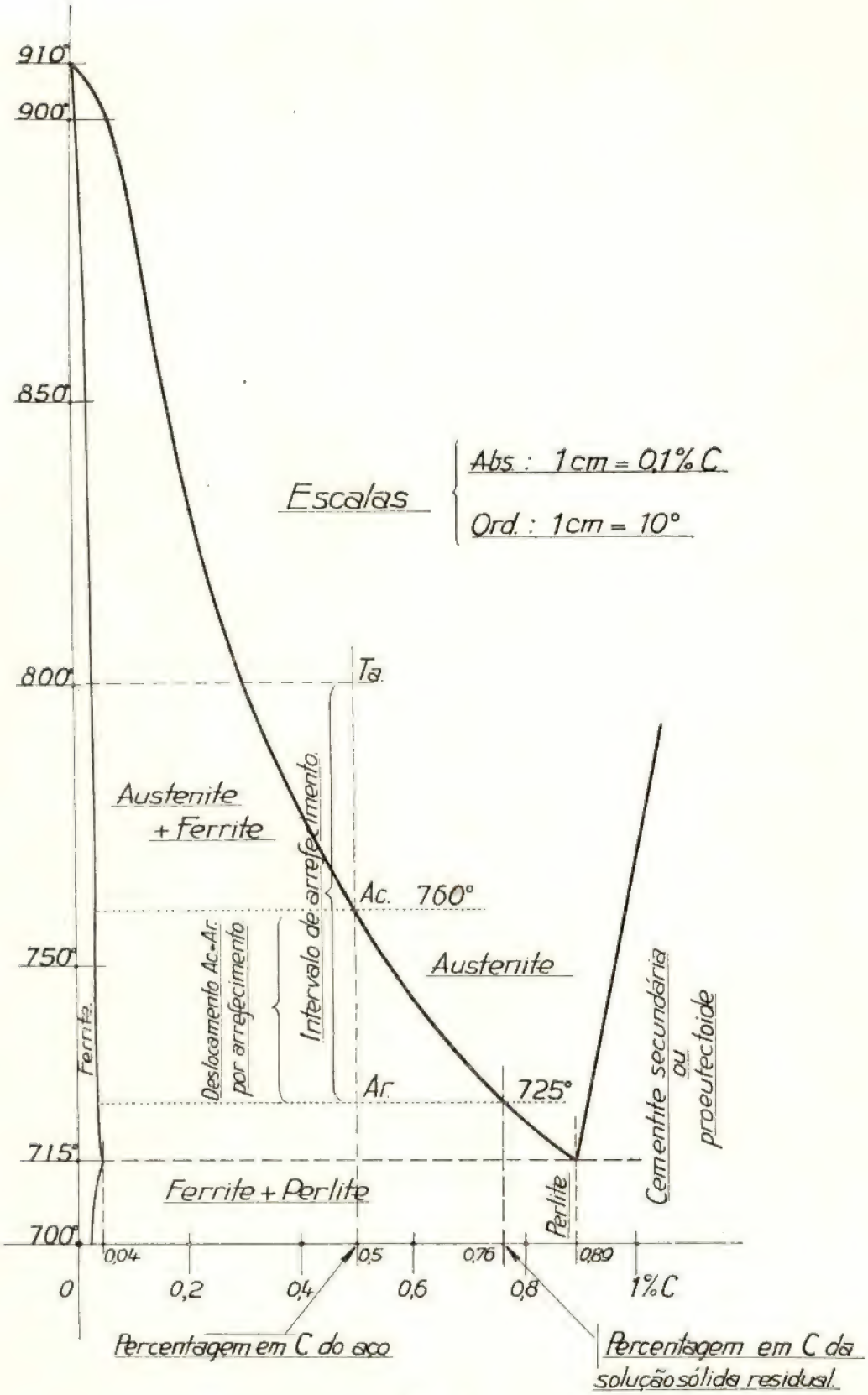

910°
900°
850°
800°
750°
715°
700°
Escalas
Abs. : 1cm = 0,1% C
Ord. : 1cm = 10°
Ta.
Austenite
+ Ferrite
Ac. 760°
Intervalo de arrefecimento.
Deslocamento Ac-Ar.
por arrefecimento.
Austenite
Ar.
725°
Ferrite.
Cementite secundária
ou
proeutectoide
Ferrite + Perlite
Perlite
0,04
0,5
0,76
0,89
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1% C
Percentagem em C do aço
Percentagem em C da
solução sólida residual.

Fig. 3

I — O recozido é efectuado num domínio limitado do diagrama de equilíbrio, isto é, no aquecimento não atravessamos qualquer linha de transformação.

Êste recozido pode produzir:
1) — Equilíbrio físico-químico.
2) — Equilíbrio estrutural e cristalino.
3) — Equilíbrio mecânico.

II — O recozido dá-se em dois domínios diferentes do diagrama de equilíbrio, isto é, no aquecimento atravessamos uma linha de transformação.

Êste recozido pode produzir:
1) — Modificações de repartição dos constituintes.
2) — Alteração do número de grãos ou de gérmens cristalinos.
3) — Efeitos de têmpera solidários com a passagem de linha de transformação.

Como conseqüência dos fenómenos que acompanham a solidificação e arrefecimento dos produtos metalúrgicos, estes podem encontrar-se num estado de equilíbrio metaestável. Quando se dá a solidificação de uma solução sólida, produzem-se deposições sucessivas, cuja heterógeneidade é tanto mais acentuada quanto a diferença de composição entre a primeira e a última é maior. Gràficamente, isto depende da distância entre os pontos correspondentes do sólidus e e de líquidus, e, ainda, dos coeficientes angulares das tangentes a essas curvas nos pontos considerados.

Por exame micrográfico é fácil pôr em evidência zonas de concentrações diferentes. Um recozido conveniente tende a homogeneizar tal tipo de estrutura, que corresponde micogràficamente a uma coloração não uniforme, e não, à formação de cristais observáveis. Um recozido, para tempo e temperaturas suficientes, pela acção de fôrças de origem térmica, vai influir na repartição dos constituintes, que podem ter tendência a unirem-se, aumentando-se dêste modo a heterógeneidade micrográfica, o que industrialmente pode ter inconvenientes. Os produtos de estrutura eutética lamelar podem passar à forma globulítica. É o fenómeno da coalescência.

A forma esferoidal da aglomeração corresponde à superfície mínima compatível com um volume dado.

Nos aços, o recozido dá-se com passagem de um domínio do diagrama a outro, e pode efectuar-se com ou sem histeresis.

Então, a estrutura final depende das condições de transformação, e, para que possamos controlar e dirigir esta, é necessária conhecer as relações existentes entre a estrutura primária e as estruturas de transformação.

***

Quási sempre as exposições gerais sôbre os tratamentos térmicos, e principalmente sôbre o recozido, são mais ou menos vagas, notando-se a preocupação de se não fazerem afirmações concretas, ou, então, apresentam-se opiniões, mas sem dados técnicos ou resultados experimentais. Conhecemos as dificuldades que existem em relacionar as propriedades físico-mecânicas com a estrutura e compreendemos, pois, a reserva, o escrúpulo em estabelecer uma lei ou uma regra, que condicione essas propriedades a um dado tipo de estrutura. Temos, por exemplo, o caso das inclusões: São conhecidas. Podemos identificá-las.

Ignoramos, porém, o seu comportamento. Pelas suas formas, quais as que nos podem ser úteis? Pelas suas dimensões as que nos podem ser prejudiciais?

Nos aços moldados, as propriedades dependem:

1.º — Da composição química.
2.º — Do estudo de oxidação e das inclusões.
3.º — De estrutura primária.
4.º — Das estruturas de transformação.
5.º — Dos tratamentos térmicos.

No caso de um recozido temos de considerar os seguintes factores:

a) Velocidade de aquecimento.
b) Tempo de duração de aquecimento.
c) Tempo de actuação da temperatura de recozido.

d) Velocidade de arrefecimento.
e) Duração de arrefecimento.
f) Estados de equilíbrio físico-mecânicos anteriores ao tratamento.

Estes factores condicionam a operação de recozimento sob o ponto de vista técnico e sob o ponto de vista económico.

A experiência prova que é a partir de 400°/450° que se forma a ferrite, ou melhor, que, a esta temperatura, o movimento atómico tem já uma amplitude observável, visto que ela já existe à temperatura normal.

Quer dizer, duas peças do mesmo aço, uma sem aquecimento e outra submetida a um aquecimento a 400°/450°, apresentando a mesma estrutura, têm rêdes ferríticas diferentes. Portanto, até àquela temperatura, a velocidade de aquecimento é-nos indiferente sob o ponto de vista estrutural. Então, é a forma da peça e as suas dimensões que condicionam a velocidade de aquecimento, que deverá ser conduzida lentamente de modo a que não dê lugar a deformações ou tensões internas donde resultariam o aparecimento de sêdas ou de fendas. Segue-se depois o intervalo entre 450° até à temperatura de recozido. Esta não tem vantagem alguma em ser muito superior ao ponto Ac_3 e, dada a presença do Manganês, a temperatura de recozido pode ser ligeiramente inferior aos pontos Ac_3 do sistema Fe-C.

Assim é possível estabelecer a seguinte escala atendendo também à presença do silício:

% de C	Ac_3	Tr.ª
0.05	905°	910
0.10		900
0.15		890
0.20		882
0.25		870
0.30	800°	860
0.35		840
0.40		820
0.45		800
0.50	760°	780
0.55		780
0.60		760
0.65		750
0.70		730
0.75		725
0.80		720
0.85		715
0.90	715°	715

Estes valores podem ser considerados como os valores da temperatura de recozido em função da percentagem de carbono, e, o problema que agora temos de considerar é o da velocidade de aquecimento de 400° até esta temperatura, e o tempo de duração a essa temperatura. A velocidade de aquecimento, sendo já grande, deve ser tal, que todos os pontos da peça estejam a um dado instante a uma dada temperatura; isto é, o gradiante térmico deve ser nulo. Só a prática nos pode dar uma indicação, e o traçado das curvas de velocidade de aquecimento em função do pêso das peças é um auxílio precioso no trabalho de todos os dias. O tempo de duração de aquecimento dá origem a um problema interessante:

Uma vez atingida a temperatura de transformação Ac_3, o aço passa ao estado de solução sólida — austenite — e, nesta região, temos um fenómeno de transformação com o acréscimo do número de grãos, (afinagem) para depois se verificar um acréscimo de dimensões.

O acréscimo das dimensões é tanto maior quanto mais alta fôr a temperatura de aquecimento além do ponto A_{c3}, e ao fim de um certo tempo, as dimensões do grão podem considerar-se como invariáveis. Assim, por exemplo, um aço da seguinte composição

$$C = 0{,}8$$
$$Si = 0{,}07$$
$$Mn = 0{,}52$$
$$S = 0{,}01$$
$$P = 0{,}03$$

aquecido a 800° ao fim de 4 horas de duração de aquecimento o grão deixou de aumentar de dimensões; êsse mesmo aço aquecido a 950° só ao fim de 6 h. e 30 m. principia a manter-se invariável. Por outro lado, ao fim de 2 horas de aquecimento

a 950° as dimensões do grão eram 100 % maiores que as dimensões do grão quando o aço foi aquecido durante essas mesmas 2 horas a 800°. Essa relação manteve-se invariável até 4 horas de aquecimento e passou depois a aumentar ainda mais. Na prática, a duração de aquecimento está intimamente relacionada com a espessura e podemos apresentar como valores correntes e bons

5 a 10 minutos/cm de espessura.

A difusão entre 850° e 1.100° só se dá entre distâncias da ordem de algumas décimas de milímetros para tempos indo de 5 a 10 horas.

A-fim-de obtermos uma estrutura de grão fino e com uma rêde de ferrite não muito larga nem uma estrutura de Widmanstätten, é conveniente arrefecer ao ar entre A_{r3} e A_{r1} a peça recozida, e, depois desta temperatura, arrefecê-la lentamente até 400° para depois procedermos a um arrefecimento rápido.

Neste momento devemos fazer notar um facto já conhecido, mas que só raramente é tomado em consideração na prática do recozido.

Os diferentes factores do recozido têm uma acção selectiva sôbre cada uma das propriedades mecânicas dos produtos metalúrgicos.

Isto quere dizer, que o conjunto das propriedades mecânicas de um aço não são tôdas influenciadas num mesmo sentido por um recozido.

Assim por exemplo, para um aço a 0,20 % de C um recozido rápido com um arrefecimento rápido favorece a sua resistência à tracção, mas a sua resistência, pelo contrário, é favorecida por um recozido com arrefecimento lento.

Recozido 1 H a 950° ; 10′ a 850°	R = 43 Kg
Arrefecimento rápido	ρ = 9,1 Kgm
Recozido 24 horas a 900° . . .	R = 36 Kg
Arrefecimento lento	ρ = 12.1 Kgm
Recozido 15′ a 850°	R = 47 Kg
Arrefecimento rápido	ρ = 8,1 Kgm

De um modo geral, podemos dizer que as seguintes propriedades são favorecidas pelos seguintes factores:

R — Temperatura de recozido adequada. Duração de aquecimento curto. Velocidade de arrefecimento rápido.

E — Como acima. Mas, o arrefecimento deve ser tal que o gradiante térmico possa ser considerado nulo.

A % — Como acima.

ρ — Temperatura alta (sem sobreaquecer ou requeimar). Velocidade de arrefecimento lento. Duração de aquecimento longa.

Δ — Temperatura alta (sem sobreaquecer ou requeimar). Velocidade de arrefecimento muito rápida.

Devemos, no recozido, procurar obter o grão micrográfico mínimo, mas é necessário não confundir o grão perlítico com o grão cristalino. Êste só é posto em evidência pelo ataque profundo enquanto que o primeiro — aquele que nos interessa na determinação da percentagem de carbono — é posto em evidência por um ataque superficial.

Posto isto, podemos afirmar:

1.° — Não há, pràticamente, variação de dimensões do grão cristalino a temperaturas inferiores a A_{c1}.

2.° — Entre A_{c1} e A_{c3} há uma afinagem do grão perlítico.

3.° — O grão cristalino mínimo é obtido a uma temperatura que depende do estado inicial do metal.

4.° — Esta temperatura pode ser dada aproximadamente por A_{c3} mas não por A_{r3}.

5.° — O grão sobreaquecido pode ser regenerado, mas a sua temperatura de recozido tem de ser superior a A_{c3} e tanto mais elevada quanto maior fôr o sobreaquecimento.

Existe como acabamos de ver uma relação morfológica entre o grão da ferrite e o grão da austenite *nos aços hipóeutectoides*. Um grão de austenite pode dar origem a vários grãos de ferrite, que serão tanto mais desenvolvidos quanto mais desenvolvidos fôrem os grãos austeníticos primitivos. Foi ao investigarem esta dependência hereditária, que dois metalurgistas americanos, Mc. Quid e Ehn, definiram o «grain sise» como factor de apreciação de qualidade dos aços.

É com prudência e com reserva que devemos encarar essa noção, pois exige métodos indirectos de rigorosa precisão — ensaio de cementação a 925° durante 8 horas, duas horas de aquecimento mais seis horas de regime, as amostras são preparadas, sem vestígios de oxidação e de tensões internas. O arrefecimento é lento e a ampliação na comparação é de 100 diâmetros — que sendo de execução possível não são todavia de fácil execução. Além disso, por aquecimento no domínio de austenite, é possível distinguir duas classes de aços:

a) Aços, que pelo aquecimento acima da linha de transformação, em função do tempo, apresentam uma variação de dimensões do grão austenítico, com desenvolvimento;

b) Aços, que nas mesmas condições só de um modo insensível apresentam essa variação.

Temos então de considerar a grandeza inicial do grão austenítico e a sua aptidão ao crescimento.

Revenido: — É a operação que consiste em aquecer um determinado produto metalúrgico a uma temperatura inferior ao ponto de transformação e deixá-lo arrefecer segundo uma determinada lei.

Se o produto metalúrgico tiver vários pontos de transformação, o ponto em questão é o ponto de transformação inferior, ao aquecimento.

Fins: — O revenido tem por fim destruir, modificar ou completar os efeitos ou as propriedades adquiridas por têmpera. O revenido pode determinar um conjunto de modificações, que podem ser classificadas:

a) *Modificações físico-químicas* com influência directa sôbre as propriedades físico-químicas e mecânicas do produto;

b) *Modificações estruturais;*

c) *Manifestação de fenómenos de fragilidade.*

Êste assunto não está ainda bem estudado. Certos aços de níquel aquecidos durante algum tempo a 500° ou arrefecidos lentamente a partir dos 650° apresentam um aumento considerável de fragilidade, caracterizada pela diminuïção da sua resiliência.

Em alemão é freqüente designar êste facto por Kruppkrankheit, por se ter notado pela primeira vez nas fábricas Krupp, onde se fabricavam chapas de blindagem.

O fenómeno de fragilidade tem grande importância prática como é de supor. Durante o revenido duas tendências se podem manifestar:

a) Aumento de fragilidade;

b) Diminuïção de fragilidade.

A composição química tem uma importância fundamental e os esforços conjugam-se no sentido de se estabelecer uma classificação dos elementos especiais quanto à sua influência. Mas aqui, logo no início, a divergência é de tal ordem, que qualquer reconciliação ou concordância parece ser impossível.

O fenómeno seria devido à transformação reversível dos carboretos duplos. Mas, os carboretos duplos existem?

Uma cementite complexa é apenas uma solução sólida de um dado carboreto na cementite normal.

Isto prova-se com o rigor de uma demonstração matemática e com a sensibilidade de uma microanálise: basta para tanto estudar as curvas dilatómetricas respectivas.

Grenet, que em questões de Metalurgia não precisa de apresentação, afirmava que o aumento de fragilidade era devida a uma precipitação dos carboretos, o que aumentava também a dureza.

Ora isto é incompatível com o facto de o aumento de dureza de um determinado aço ser rigorosamente constante para dois revenidos diferentes, um conduzindo a um aumento de fragilidade, o outro, não.

O argumento dos gases em solução sólida?

Se analisarmos o que se passa com o molibdénio em relação ao azoto, não podemos deixar de ser partidários indiscutíveis dêsse argumento. Mas, pretender estabelecer imediatamente uma teoria, é procurar resolver um problema com outro problema, senão totalmente desconhecido, pelo menos ainda muito mal estudado. Depois as variáveis, que introduzimos por tal método são numerosas e como temos de considerar o *coeficiente de repartição,* relação entre a percentagem total de gás e a percentagem do gás combinado o problema complica-se de uma maneira considerável.

Os gases fixados pelos metais podem ser classificados em três grupos:

a) Gases fixados à superfície, pela acção das fôrças de Wan der Waals e cuja concentração para uma dada temperatura, é uma função da pressão, as isotérmicas seguido a lei de Freundlich;

b) Gases oclusos, retidos fìsicamente;

c) Gases retidos quìmicamente, quer formando combinações solúveis, (sólidas ou gasosas) no metal, quer formando directamente soluções sólidas.

Ora, o espectro radiográfico de uma solução sólida metal-combinação gasosa nunca é puro havendo sempre uma distorção correspondente a moléculas livres, o que nos leva a concluir, que êste tipo de fixação gasosa corresponde sempre à formação de uma solução sólida dupla, metal-gás-combinação solúvel. Estas soluções sólidas podem ser de dois tipos: solução sólida de *substituïção,* sem variação sensível da constante recticular, e de *inserção* com variação da constante recticular.

Com o azoto, cuja fixação não segue a lei de Sieverts, os metais de ponto de fusão elevado têm tendência a formarem nitretos estáveis às temperaturas elevadas. Dos metais industriais, o Molibdénio é o que maior quantidade de azoto pode absorver; o Ni e Co são inertes em relação ao azoto. Um aquecimento de revenido deve provocar um aumento de mobilidade atómica, o que pode dar origem a reacções em fase sólida, desde que um dos constituintes da solução sólida seja relativamente instável. Essa reacção iria necessàriamente alterar o tipo de cadeia estrutural com a correlativa variação de propriedades mecânicas. A estabilidade relativamente grande do nitreto de molibdénio explicaria o seu *poder tampão* em relação à fragilidade de revenido, mas, o mesmo comportamento de um dado aço para dois revenidos diferentes continuaria sem explicação.

Como princípio, todo o aço temperado deve ser revenido. Não é uma questão de valores das propriedades físico-mecânicas, pois seria um êrro económico procurar obter características mecânicas máximas, quando elas não são exigidas. Um tratamento térmico é um factor elementar de qualidade e a qualidade de um dado metal ou liga metálica não é caracterizada por um valor mas por um conjunto de valores referentes a propriedades diversas.

O revenido actua sôbre as propriedades físico-mecânicas e também sôbre as propriedades físico-químicas e entre estes, principalmente sôbre a resistência à corrosão.

Não vamos definir aqui os factores e condições de corrosão e nem sequer *mesmo* o que se entende por corrosão, deixando subsistir a idéia que a própria palavra desperta, sem nos importarmos por um lado com a generalização, que precisa e com as restrições, que necessita.

A resistência à corrosão é uma propriedade específica em relação ao agente de corrosão e depende do conjunto das condições físicas, na qual se exerce a acção química. (Portevin).

Sabemos, que uma liga metálica é definida pela sua composição química, constituïção e estrutura.

O tratamento térmico actuando sôbre a constituïção e estrutura são agentes de modificação de homogeneidade. A heterogeneidade tende a favorecer a corrosão e uma liga formada por dois ou mais constituintes tem uma resistência menor ou quando muito igual à resistência do menos nobre dos seus constituintes. Portanto uma liga resistente à corrosão deve ser formada por um único constituinte: solução sólida ou composto intermetálico; mas estes compostos, duros e frágeis, não servem para a confecção de peças que tenham de ser trabalhadas.

É então nas soluções sólidas que devemos procurar a solução do nosso problema e os elementos de adição devem também entrar em solução sólida. Esta necessidade de homogeneidade implica uma uniformidade de concentração, que pode ser obtida por um tratamento térmico conveniente. É fácil compreender, pois, a necessidade de um revenido a tôda peça temperada, sabendo-se, que a têmpera é um tratamento determinante de uma heterogeneidade [1].

[1] Para certos aços austeníticos, o revenido provoca uma precipitação dos elementos dissolvidos e portanto uma heterogeneidade, que é necessária para se conseguir um melhoramento das propriedades físico-mecânicas.

Microfotografias

Ampliação: 350 diâmetros

Ataque: NO^3H em solução alcoólica a 2 %

Composição química: C = 0,19; Si = 0,10; Mn = 0,45; S = 0,04; P = 0,12

Fot. n.º	Tratamento	Descrição	Caract. mecânicas	Observações
1	s/tratamento	Estrutura dendrítica de primeira consolidação.		Ataque utilizando a técnica de Bielinsky com dissolução posterior.
2	s/tratamento	Estrutura bruta de colada. Grãos de perlite e de ferrite naturalmente desenvolvidos.	E = 24 kg/mm R = 45,3 kg/mm A = 17,5 % Σ = 17 % Δ = 121 (Brinell)	
3	Recozido	Grãos de ferrite e de perlite granular.		Recozimento efectuado e condições rigorosamente standardizadas com o fim de se avaliar e controlar a percentagem de carbono.
4	Recozido	Grãos de ferrite e de perlite granular.		Recozimento efectuado em condições rigorosamente standardizadas com o fim de se determinarem quais as dimensões óptimas do grão neste tipo de aço.

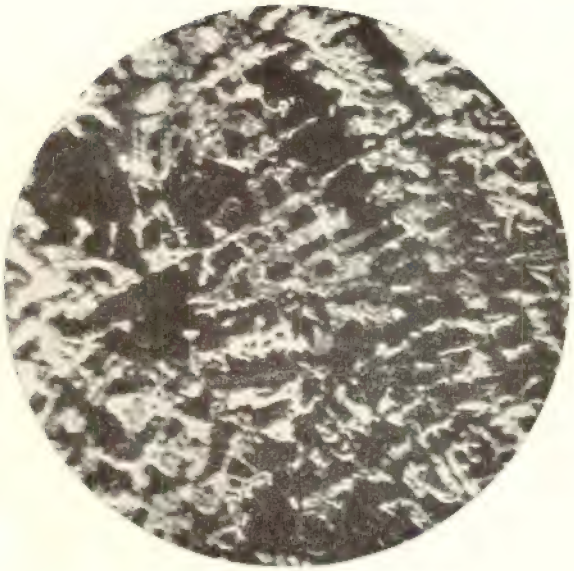


Fig. 1

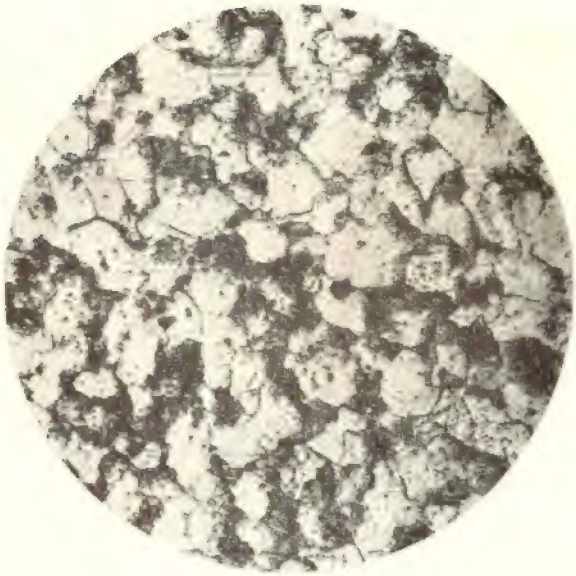


Fig. 4

Fig. 2

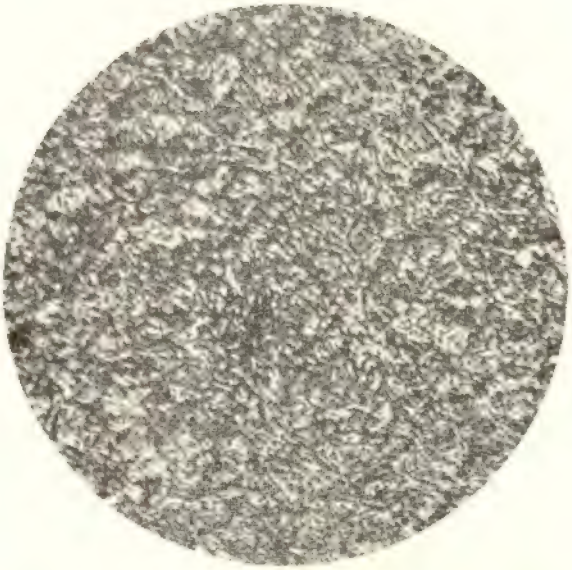


Fig. 5

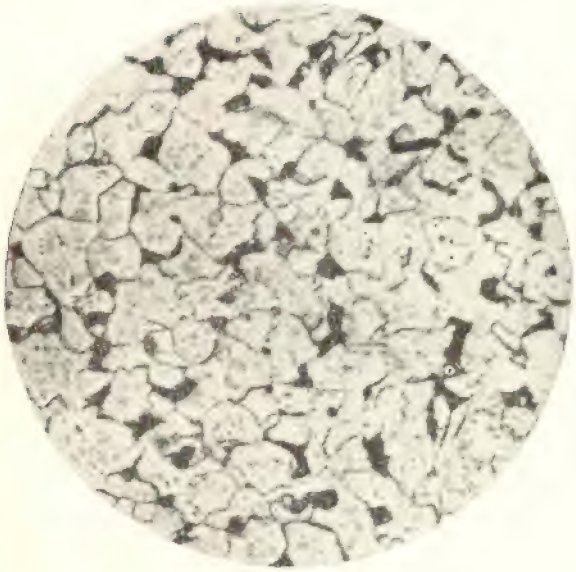


Fig. 3

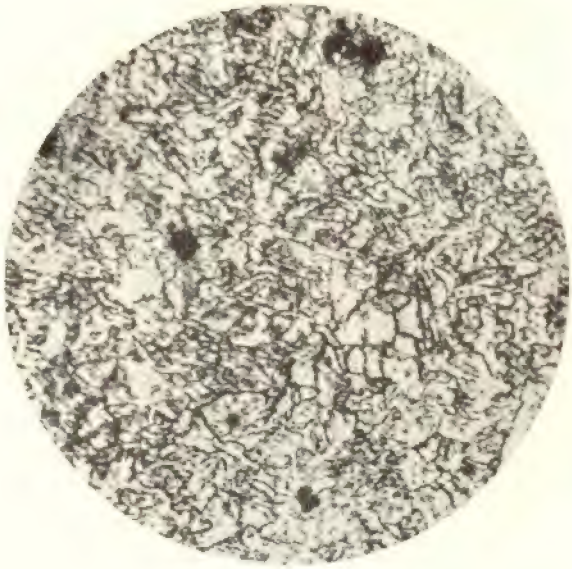


Fig. 6

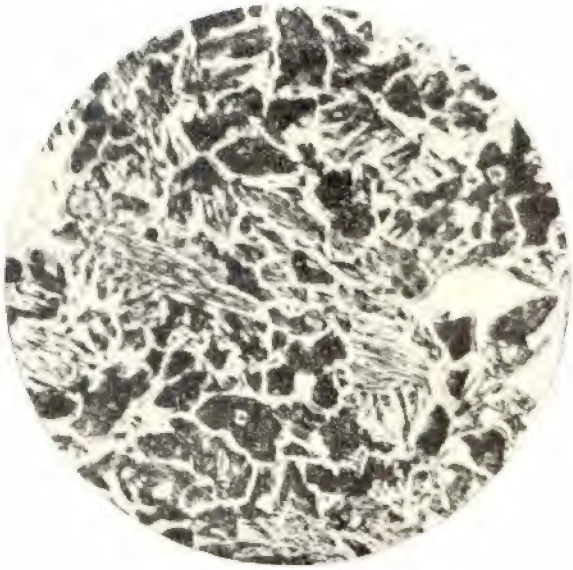


Fig. 7

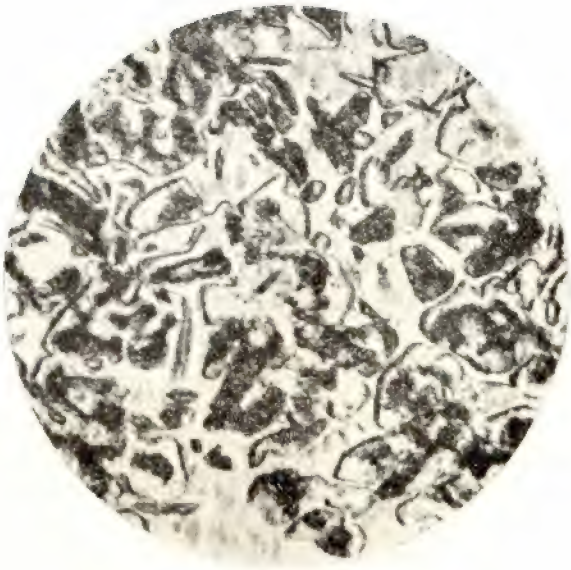


Fig. 10

Fig. 8

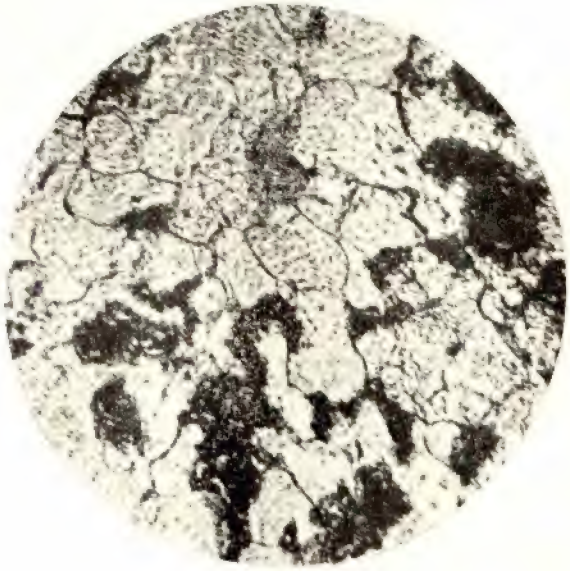


Fig. 11

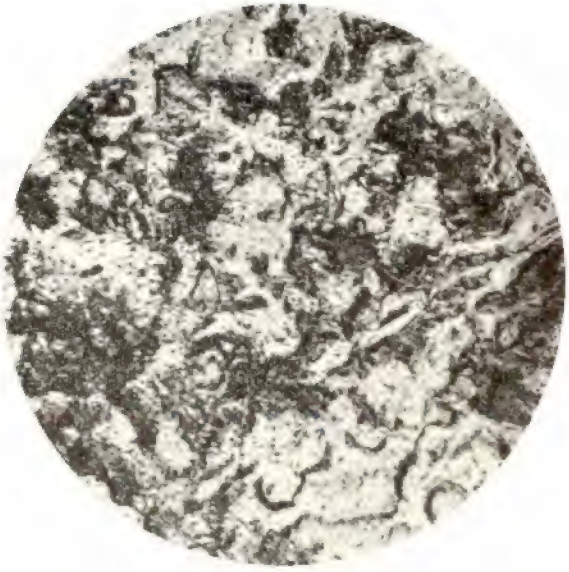


Fig 9

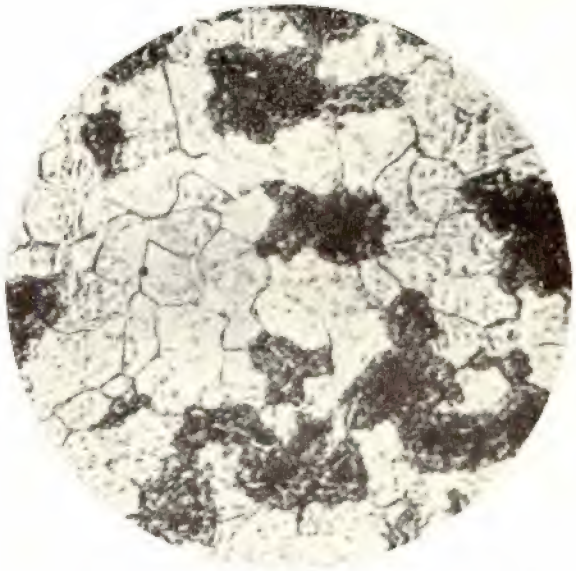


Fig. 12

Fot. n.°	Tratamento	Descrição	Caract. mecânicas	Observações
5	Temperada em água. Aquecimento a 950°	Mastensite em fundo de ferrite.	$\Delta = 600$	Têmpera conduzida de modo a obtermos uma estrutura totalmente martensítica. Barreta partida ao temperar.
6	Temperada em água e revenida a 750°. Aquecimento a 900°.	Estrutura mastensítica num fundo ferrítico.	$E = 32$ kg/mm² $R = 50$ $A = 26,5$ % $\Sigma = 31$ $\Delta = 156$	Temperatura de revenido demasiadamente elevada.
7	Temperada em água. Aquecimento a 900°.	Agulhas de martensite consideràvelmente desenvolvidas. Perlite e Ferrite.	$E = 36$ kg/mm² $R = 72$ $A = 3$ % $\Sigma = 1,5$ $\Delta = 196$	Tratamento mal conduzido. Tempo de aquecimento insuficiente.
8	Recozido a 800° e arrefecida lentamente.	Perlite intergranular numa rêde ferrítica.	$E = 20$ kg/mm² $R = 42,6$ $A = 26,5$ $\Sigma = 24,5$ % $\Delta = 116$	Tratamento mal conduzido. Temperatura insuficiente e arrefecimento demasiado lento.
9	Recozido a 850° e arrefecida lentamente.	Perlite intergranular em fundo ferrítico.	$E = 20$ kg/mm² $R = 42,6$ $A = 27,5$ % $\Sigma = 33$ $\Delta = 112$	Tratamento mal conduzido. Temperatura insuficiente.
10	Recozido a 900° e arrefecida ràpidamente.	Perlite intergranular, aglomerada em fundo ferrítico.	$E = 20$ kg/mm² $R = 42,5$ $A = 13,5$ % $\Sigma = 13$ $\Delta = 131$	Tratamento mal conduzido. Tempo de aquecimento demasiadamente rápido.

Fot. n.º	Tratamento	Descrição	Caract. mecânicas	Observações
11	Recozido a 900°. Arrefecimento lento.	Perlite em fundo de ferrite. Grãos de ferrite de boas dimensões.	E = 25 kg/mm² R = 42 A = 25 % Σ = 29 Δ = 116	Tratamento que já pode ser considerado como bom.
12	Recozido a 900°. Arrefecimento lento.	Perlite em fundo de ferrite.	E = 24 kg/mm² R = 41,3 kg/mm² A = 37,5 % Σ = 55 Δ = 112	Tratamento bom. Arrefecimento um pouco lento em demasia.

AUTOMATIC TELEPHONE & ELECTRIC COMPANY LTD.

LONDON LIVERPOOL

Sistema de telecomunicação e de sinalização por correntes fracas

Aparelhagem telefónica automática «STROWGER» — de fama mundial — para grupos de rêdes completos ou centrais isoladas. Telefones de sistema manual e aparelhagem das respectivas estações. Sistemas de transmissão telefónica por «alta freqüência», simples ou múltiplos e aparelhagem acessória. Instalações de vigilância e controle a distância. Telefones e sinalização para minas. Aparelhos «ELECTRO-MATIC» reguladores de tráfego de veículos e outra aparelhagem.

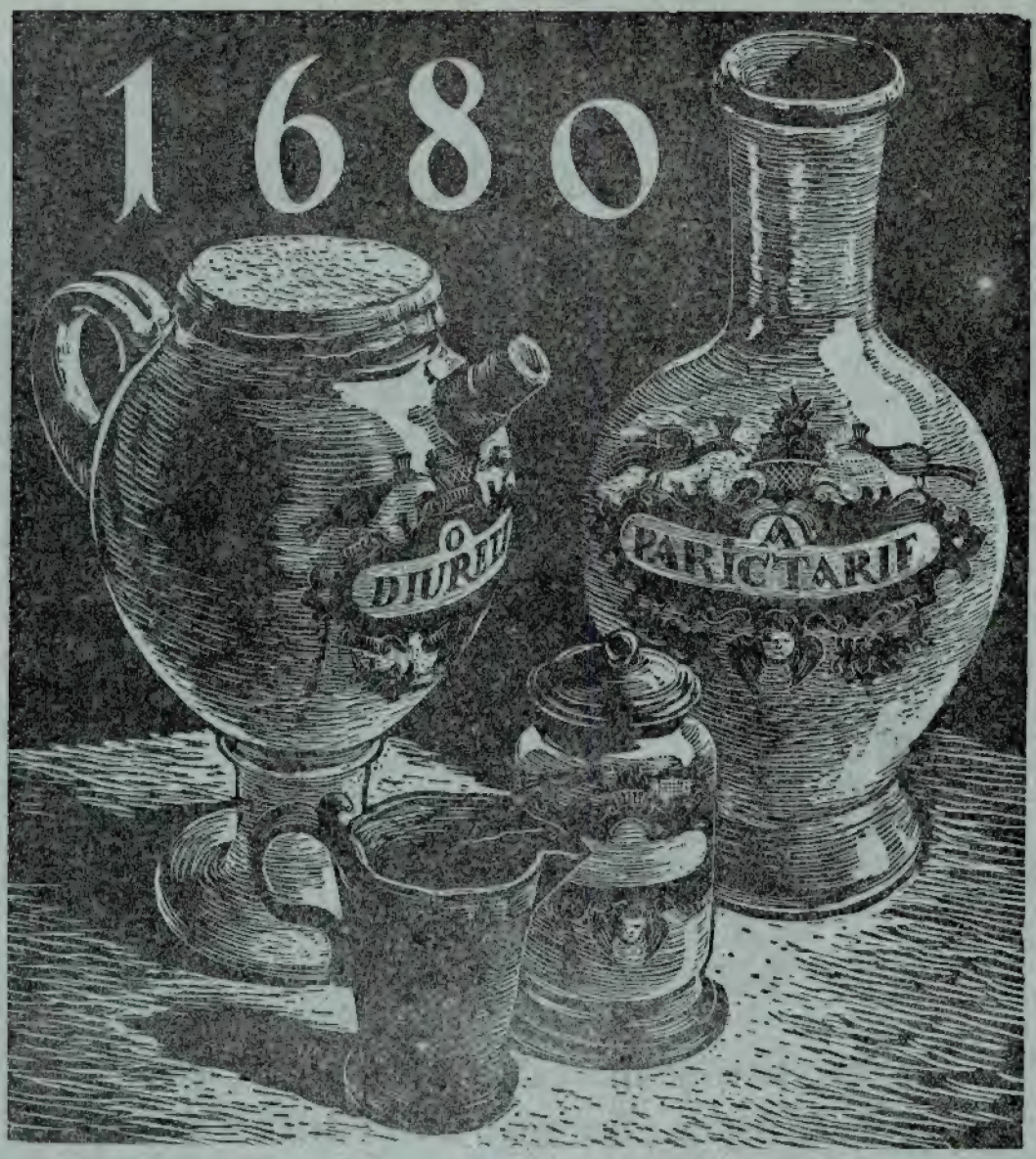
Fornecedores da Administração Geral dos Correios, Telégrafos e Telefones para a automatização da Rêde Telefónica Nacional

Representantes em Portugal:

THE ENGINEERING COMPANY OF PORTUGAL LTD.

Rua dos Remolares, 12, 1.º — LISBOA

Telefone: P. B. X. 24011/2/3



Recipientes de farmácia do museu da fábrica da firma E. Merck

Tradição e qualidade são os pilares do insuperável poder económico alemão. Foram elas que criaram a fama mundial dos medicamentos e produtos químicos alemães.

E. Merck

Eficácia da Preparação Mecânica de Minérios

PELO ENG.º DE MINAS (I. S. T.) CARLOS GONÇALVES
ASSISTENTE DO I. S. T.

I — Generalidades

Os metais e outros elementos úteis encontram-se largamente disseminados nas rochas, reservando-se o têrmo de *minério* para as misturas minerais onde as substâncias úteis atinjam um teor suficientemente elevado de modo a permitir uma exploração económica. Se a natureza nos fornecer dêste minério em tonelagem suficiente para manter em actividade as instalações de mineração e tratamento mecânico durante o tempo pelo menos necessário para a amortização de todos os encargos, então dispomos do que se chama um *jazigo*. O mínimo de tonelagem aproveitável, teor ou riqueza em minério útil, natureza do jazigo e outras considerações de marca geológica, permitem escolher um *método de lavra* e um *método de tratamento mecânico* do minério tal qual proveniente do arranque.

O método de lavra, consiste na série de operações tendentes a desmontar o minério, misturando-o o menos possível com o estéril adjacente, e transportá-lo até o início do tratamento mecânico, em geral, uma tremonha de regularização imediatamente antes do circuito da Oficina de Preparação Mecânica.

A Preparação Mecânica de Minérios tem por fim separar o minério útil da ganga pelo emprêgo de um conjunto de operações de carácter exclusivamente físico efectuadas sôbre o minério tal qual se arranca na mina. Sempre que no decorrer destas operações se faz uso de processos químicos estes pretendem apenas acentuar ou modificar as propriedades físicas dos minerais utilizadas imediatamente a seguir; assim, a ustulação que precede a separação electromagnética do concentrado duplo de cassiterite e de volframite tem por fim transformar os sulfuretos (em especial a pirite de ferro, calcopirite e arsenopirite) inertes à acção electromagnética em óxidos de ferro de permeabilidade magnética superior à da volframite; a adição de reagentes químicos na flutuação tende a ampliar o efeito da tensão superficial, etc. Neste conjunto de operações de carácter exclusivamente físico trata-se de explorar, de um modo geral, *tôdas* as propriedades físicas dos minerais mas principalmente o seu pêso específico, por vezes de uma maneira bastante engenhosa [1], em colaboração com o calibre e fôrça da gravidade, a permeabilidade magnética ou melhor,

Fig. 1 — Um apecto dos estéreis abandonados.

as diferenças de permeabilidade magnética, a côr e o comportamento dos minérios finamente pulverizados em meio aquoso pelo que diz respeito à tensão superficial.

O tal qual constitue uma mistura mineral de ganga e minério útil que dá origem, depois de tratada na Oficina de Preparação Mecânica ou Lavaria, a dois produtos, o *concentrado* rico de minério útil, e o *estéril*

[1] Como exemplo curioso V. «Assentadeira (jiga) rápida Krupp», por Carlos Gonçalves, no n.º 132 da «Técnica», de Novembro de 1942.

pobre de minério útil, em seguida abandonada nas *entulheiras*. Seria ideal abandonar um estéril apenas constituído por ganga e obter um concentrado que a não possuísse. Como é evidente, o concentrado é tanto mais valioso quanto menor fôr a quantidade de impurezas nêle disseminadas, portanto, interessa obtê-lo o mais puro possível, a-pesar das suas impurezas serem depois fàcilmente eliminadas nas operações metalúrgicas subseqüentes. Mas todos os progressos realizados e a realizar nos modos de tratamento mecânico dos minérios tendem, em primeiro lugar, a empobrecer o estéril de minério útil.

Os estéreis são abandonados nas entulheiras e podem vir a ser de novo tratados ou porque se descubra posteriormente um novo elemento susceptível de pagar êsse tratamento ou porque, em épocas futuras da Mina, o seu teor em minério útil permita uma nova extracção com métodos de concentração já mais aperfeiçoados. Conhecem-se exemplos de qualquer dêstes casos. Mas, regra geral, os estéreis constituem grandes volumes de detritos inúteis, por vezes empregados no entulhamento de espaços vazios resultantes do arranque e o minério aproveitável nêles disseminado representa um valor perdido para a exploração.

A distinção entre ganga e minério útil provém das necessidades do comércio ou do grau de adiantamento da indústria metalúrgica que a Engenharia de Minas se empenha em servir, isto é, utiliza apenas o critério do valor monetário das espécies mineralógicas constituintes do tal qual, suficientemente concentradas, as quais, devido à criação, intensificação ou abandono de processos industriais podem transitar de um para outro grupo. «O minério útil paga a exploração.»

Para exemplificar, vamos considerar dois minérios a que podemos chamar modernos.

Consideremos, em primeiro lugar, a volframite que até a segunda metade do século passado era apenas um mineral cristalizando no sistema monoclínico, de clivagem perfeita paralela ao 1.º pinacoide, côr preta, etc., caracterizado pela sua composição química perfeitamente definida tendo como atributo determinadas propriedades químicas.

Um francês descobriu os chamados aços rápidos pela adição de volfrâmio ao ferro-carbono, a mais benéfica das ligas que a humanidade jámais produziu e a volframite deixou de ser um simples mineral, passou a ser o mais importante minério de volfrâmio ao lado da chèlite, tanto mais procurado e valioso quanto mais intensa fôr a indústria do aço. «A indústria siderúrgica não seria possível sem o manganês» mas o seu progresso deve muito ao volfrâmio e outros elementos tal como o silício.

Consideremos agora o caso da pirite de ferro e coloquemo-nos na época não muito recuada em que esta era apenas um dos sulfuretos mais vulgares, útil se porventura trouxesse consigo cobre ou metais preciosos.

Consideremos a pirite sem cobre e metais preciosos que permitissem a sua exploração. Em tais condições tratava-se apenas de um mineral. Mas desde que a pirite se passou a utilizar para a manufactura do ácido sulfúrico e com o desenvolvimento da indústria êste passou a ter um enorme consumo, então, a pirite passou à categoria de minério, pago dentro dos limites de 40 % a 52 % de S conforme a percentagem de S, a sua granulometria e a sua pureza química. A pirite utiliza-se ainda para a obtenção do enxôfre e do sulfato ferroso.

Podíamos exemplificar com outros minérios pois desde o Paleolítico que o progresso humano caminha a par da conquista mineral efectuada pelo homem. Tem-se verificado que as necessidades de metais na indústria aumentam contìnuamente, que a produção aumenta menos ràpidamente e que em tempo normal se tende para a estabilização de preços. Um dos progressos realizados ùltimamente nos trabalhos de minas consiste em tornar económica a exploração de jazigos de baixo teor conseqüência do esgotamento de jazigos muito ricos, das grandes necessidades modernas de elementos úteis, permitindo a extracção de grandes tonelagens diárias e do barateamento da energia eléctrica e mecânica.

Voltaremos mais tarde a tratar dêste assunto mas notemos já, em palavras rá-

pidas, que a laboração mineira constitui um encadeado de actividades tôdas de certo modo dependentes.

A Preparação Mecânica utilizae xclusivamente as propriedades físicas dos minerais, como dissemos, mas encontra-se ìntimamente relacionada com as características genéticas e mosfológicas do jazigo que serve o que, todavia, não é hábito afirmar-se. Assim, se exploramos um jazigo em que o minério se encontre finamente disseminado na ganga, o tal qual necessita de um tratamento mecânico diferente de um jazigo aluvinário, por exemplo, onde a natureza já executou uma longa série de operações de Preparação Mecânica.

Fig. 2 — Exploração de aluviões.

Consideremos o caso do ouro e suponhamos tratar-se de um jazigo de ouro invisível em que êste exista associado à arsenopirite. O tratamento mecânico visa à obtenção de um concentrado aurífero, isto é, de arsenopirite, donde o tratamento químico ulterior irá extrair o metal precioso, ou antes, os metais preciosos pois a prata costuma aparecer também. Se ainda, o que é normal, a arsenopirite se encontra finamente inclusa na ganga, somos obrigados a levar a fragmentação muito longe e como se trata de um sulfureto, a flutuação é o processo mais aconselhável. Resulta uma oficina de preparação mecânica muito simples — quebragem, trituração, pulverização e flutuação — nem jigas, nem mesas, nem espessamento têm lugar.

Pelo que diz respeito à Preparação Mecânica, podemos dividir os minérios em três categorias distintas.

1) Minérios que não carecem de Preparação Mecânica. Temos um exemplo no minério de ferro ordinário transportado directamente do arranque na mina para o alto-forno, caso em que o tratamento metalúrgico não é precedido por qualquer preparação mecânica. O mesmo pode suceder numa pirite proveniente de um jazigo suficientemente rico.

2) Minérios que apenas sofrem tratamento mecânico. É o caso do diamante e outras pedras preciosas.

3) Minérios em que o tratamento mecânico constitui a transição do arranque na mina para a metalurgia. É o caso geral da Preparação Mecânica de Minérios.

Notemos que se apresenta por vezes a Preparação Mecânica como fazendo parte da Metalurgia o que não é verdade. Enquanto na Preparação Mecânica de Minérios se utilizam apenas as propriedades físicas dos minerais e quaisquer processos químicos tendem a evidenciar tais propriedades, na Metalurgia utilizam-se apenas as propriedades químicas e quaisquer processos físicos tendem a facilitar ou evidenciar a sua exploração.

Sempre que se projecte ou examine (caso que vamos tratar) uma oficina de Preparação Mecânica urge construir o seu diagrama geral onde se devem indicar todos os tratamentos sofridos pelo minério tal qual desde o arranque na mina até a obtenção do concentrado. Sob o ponto de vista geral, não é possível estudar os ciclos de tratamento das instalações de Preparação Mecânica visto que não existe um diagrama de funcionamento universal porquanto as lavarias existentes diferem necessàriamente tôdas umas das outras, em virtude da sua estrutura provir da categoria morfológica e genética do jazigo explorado, conforme afirmámos já. Não há uma lavaria ideal, há muitas lavarias ideais, uma para cada espécie de jazigo. De uma maneira pouco precisa, podemos dizer que na lavaria se *prepara* o minério para as operações de concentração, por meio da quebragem, trituração e pulverização e se *concentra,* pelo tratamento

com as jigas ou assentadeiras, mesas de lavagem, células de flutuação, etc. A ligar estas duas séries distintas de operações empregam-se *sistemas selecionadores* onde se classifica a mistura mineral, na calibragem, desenlameação, classificação hidráulica, espessamento, decantação, etc. É também normal o emprêgo de outros processos de tratamento como a separação electromagnética, instalação, adição de reagentes especiais à mistura mineral, etc. É claro, uma lavaria não contém todos êstes processos de tratamento mas apenas os mais adequados ao tal qual a tratar.

Para terminar, notemos que as principais vantagens da preparação mecânica consistem:

1) O estéril abandonado diminui os encargos de manutenção, condicionamento e transporte do minério.

2) Quanto mais puro fôr o concentrado mais económica será a fusão. A eliminação da ganga pelos processos empregados na Preparação Mecânica é muito mais económica do que na metalurgia onde essa eliminação se faz à custa de combustíveis e de reagentes químicos.

3) As operações químicas subseqüentes têm uma eficácia maior para os minérios mais puros.

A escolha dos processos de tratamento mecânico deve ser precedida pelo estudo do minério na mina e pelo ensaio de amostras num laboratório de Preparação Mecânica. Uma vez instalada a lavaria com carácter definitivo ou não urge verificar se o fim em vista da concentração foi bem atingido, isto é, pelo que respeita à extracção do minério útil do tal qual, qual a eficácia das várias máquinas e dos vários processos empregados. É de um ensaio desta natureza que vamos tratar nos parágrafos seguintes.

II — Lavaria a ensaiar

Esta lavaria servia um jazigo de cassiterite e de volframite aluvionário e filonar cujo centro era constituído por granitos de natureza pegmatítica enriquecidos em minerio útil por segregação magmática. Foi a diferenciação do magma granítico primitivo que deve ter dado origem à passagem do granito normal para o granito pegmatítico mineralizado e dêste para a parte restante do jazigo de natureza filoniana. O minério útil encontra-se distribuído pela ganga de uma maneira irregular por vezes finamente disseminado em associação com o quartzo, junto aos sulfuretos e outros minerais.

No diagrama geral (fig. 4) apenas indicamos a concentração hidrogravítica pela qual só é possível obter um concentrado constituído pela mistura de cassiterite e de volframite, em virtude da proximidade das eqüivalências dêstes dois minérios [1], com al-

---

[1] Um grão de minério de forma esférica de calibre l e pêso específico d caíndo no seio de um líquido de densidade δ, sem velocidade inicial, em virtude da aceleração da gravidade g, adquire movimento acelerado seguido de movimento uniforme quando o efeito acelerador da gravidade for igualado pela resistência oposta pelo líquido. A equação diferencial dêsse movimento acelerado é, segundo o princípio fundamental da Mecânica,

$$\frac{k\, l^3 d}{g}\,\frac{d^2 x}{dt^2} = k\, l^3 d - k\, l^3 \delta - k_1\, l^2 \delta \left(\frac{dx}{dt}\right)^2$$

sendo k e k^1 constantes. Tomámos a vertical para eixo dos xx e o sentido positivo definido pelo sentido da fôrça da gravidade. Fazendo $\frac{k}{k_1} = a$ teremos

$$\frac{d}{g\,(d-\delta)}\,\frac{d^2 x}{dt^2} = 1 - \frac{\delta}{al\,(d-1)}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2$$

se considerarmos o caso da água, $\delta = 1$, e obtemos para integral primário desta equação diferencial

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{al\,(d-1)}\ \operatorname{tgh}\frac{g\sqrt{d-1}}{d\sqrt{al}}\,t$$

isto é, a velocidade de queda do grão de minério é uma função exponencial do tempo. Todavia é fácil de demonstrar que o êrro cometido é desprezível se fizermos $\operatorname{tgh}\frac{g\sqrt{d-1}}{d\sqrt{al}}\,t = 1$ e então $\frac{dx}{dt}\sqrt{al\,(d-1)}$ valor êste chamado velocidade limite. À função linear $E = l\,(d-1)$ chama-se *eqüivalência* do grão de minério e em virtude de dados experimentais temos $\frac{dx}{dt} = \sqrt{2{,}44\ E}$ Como na separação hidrogravítica nos servimos dos valores das eqüivalências dos grãos de minério e como a volframite e a cassiterite possuem valores de d muito próximos, nem seria prático empregar sistemas de calibragem de malhas muito apertadas nem as máquinas concentradoras possuem suficiente sensibilidade para explorar tão pequena diferença entre as eqüivalências. Neste caso, o problema é resolvido pela exploração da permeabilidade magnética e desta forma se separam a cassiterite, inerte, a volframite, de fraca permeabilidade e os óxidos de ferro, muito permeáveis.

guns sulfuretos e outras impurezas a seguir eliminados pela ustulação e separação electromagnética. Não falaremos mais nesta última fase da concentração porque o ensaio se refere apenas à concentração hidrogravítica.

Esta lavaria trabalhava aproximadamente 114 ton/16 h de minério tal qual, proveniente de uma exploração a céu aberto. Vejamos a capacidade da lavaria

Fig. 3 — Exploração a céu aberto.

no caso do minério tal qual se dividir na proporção de 30 % para as jigas, 40 % para as mesas e 30 % de lamas arrastadas pelas águas.

Segundo Kögler podemos adoptar para capacidade das mesas empregadas 400 kg/h como valor médio. Logo, a bateria das mesas poderá trabalhar por dia de trabalho $4 \times 0{,}400 \times 16 \approx 26$ ton/16 h.

Isto é, as mesas encontram-se muito sobrecarregadas, a manter-se esta tonelagem seria lógico montar-se uma outra bateria de quatro mesas.

Apenas as mesas condicionam a capacidade da lavaria visto que as jigas possuem uma capacidade de 50 ton/16 h, o quebrador de 400 ton/16 h e os moinhos de cilindros de 110 ton/16 h, aproximadamente.

Notemos que antes de se iniciarem as operações de concentração hidrogravítica se desenlameia a mistura mineral pois as lamas iriam prejudicar a eficácia da calibragem e o funcionamento das jigas.

Ambos os sistemas de calibragem empregados nesta lavaria foram verificados quanto à distribuïção das gamas da malha metálica e quanto à sua superfície útil tendo-se chegado à conclusão de que se encontram bem escolhidos.

O teor do tal qual de 0,223 % de Sn e de 0,133 % de WO_3 representa a riqueza do minério bruto fornecido à lavaria durante o período de amostragem sem representar todavia, a riqueza do jazigo, ainda por determinar.

III — Amostragem

Em última análise, numa lavaria efectua-se uma preparação do minério tal qual vem da mina, em geral precedente do tratamento metalúrgico, que visa a reduzir a massa da mistura mineral sem perder o minério útil nela existente e a separar as substâncias minerais de valor industrial. Êste tratamento dos minerais será tanto mais perfeito quanto maior fôr a percentagem da ganga extraída; isto é, quanto maior fôr a pureza do concentrado obtido e quanto menor fôr a percentagem do minério arrastado por essa ganga. O grau até onde chegámos neste objectivo é-nos dado pelo valor de m, efeito útil do tratamento mecânico [1], percentagem de minério útil extraído do minério útil existente no tal qual, dado pela expressão

$$m = \frac{C\,c}{A\,a}\,100\,\% \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

ou

$$m = \frac{c\,(a-b)}{a\,(c-b)}\,100\,\% \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1')$$

onde as letras maiúsculas A, B e C representam quantidades de mistura mineral, respectivamente da alimentação de tal qual, de estéril e de concentrado, e as minúsculas a, b e c representam teores de minério útil, respectivamente, do tal qual, do estéril e do concentrado.

---

[1] Para informação mais completa sôbre tudo que vai seguir-se, V. «Efeito útil do tratamento mecânico», por Carlos Gonçalves, na «Técnica» n.º 135, de Fevereiro de 1943.